

Validação de Equipamentos nas Linhas de Enchimento na Unicer Bebidas, SA

Ana Francisca Lopes Veiga

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa

Orientador na Unicer: Dr. João Pedro Costa



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2013-02-28

Aos meus pais e aos meus irmãos

Resumo

O presente relatório incidiu no desenvolvimento de métodos de validação para as máquinas das novas linhas de produção e potenciais futuras linhas, que necessitem de validação.

Refere, ainda, uma folha desenvolvida em Excel, com o objetivo de controlar os processos.

O projeto foi composto pelas seguintes fases:

- Integração na Empresa;
- Recolha de informação sobre a empresa e sobre a área em questão;
- Elaboração de métodos de validação;
- Recolha de Dados.

Para além do desenvolvimento de métodos de validação para as máquinas previamente estabelecidas (EBI, Sopradora, Lavadora, Enchedora, Capsulador, Inspetor de Nível e Pasteurizador), foi feita a recolha de alguns dados especificados nos métodos.

Dada a duração do projeto e a recente chegada das máquinas à fábrica, não foi possível encontrar os processos em controlo estatístico, por isso a análise de dados efetuada é meramente ilustrativa, pois, para já, esta informação não é fidedigna.

As folhas de Excel que foram desenvolvidas terão como objetivo o futuro controlo dos dados por parte do departamento de Qualidade da fábrica em questão.

O projeto permitiu que a empresa disponha, na sua rede interna, de métodos que descrevem os processos que se devem seguir numa situação deste tipo.

Validation of Equipment to the filling lines

Abstract

This report is focused mainly on the development of validation methods of the new production lines and other potential future lines that may require validation.

It also features an Excel spreadsheet aiming to control the processes.

The project was divided into the following phases:

- Company integration;
- Information gathering about the company and the area in question;
- Development of validation methods;
- Data collection.

Besides the development of validation methods for machines previously established (EBI, Bottle Rinser, Bottle Washer, Filler, Capper/Crowner, Pasteurizer and Level Inspector), it was also collected some data specified in the methods.

Due to the duration of the project and recent arrival of the machines to the factory, it was not possible to find the processes under statistical control, so the data analysis that was performed is merely illustrative, meaning the information is not reliable.

The Excel spreadsheets will be used by the Department of Quality of the factory in order to control the data in the future.

The project allowed the company to dispose, on its internal network, of methods that describe the processes that should be followed in a specific situation.

Agradecimentos

Ao Dr João Costa pela oportunidade de participar neste projecto.

A todos os colaboradores da Unicer que conheci e com tive oportunidade de evoluir, pessoal e profissionalmente, em particular à Cátia Coelho, pelo apoio e ajuda prestados durante o projeto, e ao Manel e ao João Manoel pelo apoio, conhecimento, experiência e ajuda dispensada.

Ao Engenheiro Eduardo Gil da Costa pela incondicional ajuda e disponibilidade prestadas no decorrer do projecto.

À Unicer Bebidas, SA, pelo desenvolvimento de estágios curriculares que nos ajudam a ter uma visão sobre o mundo que é uma fábrica.

A todos os Professores que durante o percurso académico me passaram os conhecimentos essenciais para a realização deste projeto, em especial ao Engenheiro Miguel Gomes, pelo esclarecimento de alguns aspetos importantes no projeto.

Ao Michel, pela paciência e pela ajuda prestada.

Aos meus pais e aos meus irmãos, que ao longo da minha vida me incentivaram a seguir os meus sonhos!

A todos os meus amigos que, direta ou indiretamente, me apoiaram neste percurso.

A todos muito obrigado!

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	A Unicer	1
1.2	Objetivos do Projeto	3
1.3	Método seguido no projeto	4
1.4	Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório	5
2	Estado da Arte	6
2.1	Definição de controlo estatístico	9
2.2	As Sete Ferramentas Básicas da Qualidade	9
2.2.1.	Gráfico de Pareto	10
2.2.2.	Diagrama de Causa e Efeito	10
2.2.3.	Histograma	11
2.2.4.	Folhas de verificação	12
2.2.5.	Gráficos de Dispersão	13
2.2.6.	Fluxograma	14
2.2.7.	Cartas de Controlo	15
2.2.7.1.	Capacidade do Processo	16
2.2.7.2.	Tipos de Cartas de Controlo Shewhart mais comuns	18
3	Apresentação da situação inicial da empresa	22
3.1	A Cerveja	22
3.2	Processo de Engarrafamento	25
3.3	O projeto na Empresa	27
4	Solução proposta	34
4.1	Métodos de validação de equipamentos	35
4.2	Análise de dados	42
5	Conclusões e trabalhos futuros	48
	Referências	50
ANEXO A:	Tabela de Valores para cálculo dos limites das cartas de controlo para variáveis	51
ANEXO B:	Tabela referente à letra código do tamanho da amostra	52
ANEXO C:	Tabela relativa aos planos de amostragem simples de inspeção normal	53
ANEXO D:	Tabela relativa aos planos de amostragem simples de inspeção rigorosa	54
ANEXO E:	Tabela relativa aos planos de amostragem simples de inspeção reduzida	55
ANEXO F:	Histogramas dos diâmetros das garrafas de SB 33cl e Carlsberg 33 cl	56

Siglas

5W1H - Five Why's and One How

$6\sigma_0$ – Capacidade do Processo

A – Amplitude

\bar{A} – Média das Amplitudes

ACQ – “Acceptable Quality Level” ou Nível de qualidade aceitável

$A_{m\acute{o}vel}$ – Amplitude Móvel

\overline{AM} – Média das Amplitudes móveis

A_2, A_3 – Fatores inerentes ao gráfico de controlo

B_3, B_4 – Fatores inerentes ao gráfico de controlo

c – Número de não conformidades (defeitos)

\bar{c} – Média do número de não conformidades (defeitos)

C_p – Índice de capacidade

C_{pi} – Índice de Capacidade do processo inferior

C_{pk} – Índice de Capacidade do processo centrado

C_{ps} – Índice de Capacidade do processo superior

D_1, D_2, D_3, D_4 – Fatores inerentes ao gráfico de controlo

EBI – Empty Bottle Inspector (Inspetor de Vazio)

h – hora

H_0 – Hipótese Nula

H_1 – Hipótese Alternativa

i – número da série

k – Número de subgrupos

LCL – “Lower Control Limit” ver LIC

LSC – Limite Superior de Controlo

LIC – Limite Inferior de Controlo

M_d – Mediana

N – Tamanho do lote

n – número de observações

np – número de não conformes

\bar{s} – Desvio padrão médio da amostra

SB – Super Bock

PDCA – Plan-Check-Do-Act

R – “Range” ver A

r_{xy} – Índice de correlação entre a variável x e a variável y

TP – Tara Perdida

TR – Tara Retornável

u – Número de não conformidades por unidade

\bar{u} – Média do número de conformidades (defeitos) por unidade

UP – Unidade de Pasteurização

UCL - “Upper Control Limit” ver LSC

Unicer – União Cervejeira

\bar{X} – Média da população

X_i – Valor observado

μ - Valor Esperado

σ – Desvio padrão populacional

Σ – Somatório

Índice de Figuras

Figura 1: Acionistas da UNICER Fonte: Unicer	2
Figura 2: UNICER em Portugal	2
Figura 3: Organigrama da UNICER Bebidas, SA	3
Figura 4: Ciclo PDCA	7
Figura 5: Ferramentas Básicas da Qualidade; Fonte: Instituto Português da Qualidade.....	9
Figura 6: Gráfico de Pareto Fonte: Montgomery (2009)	10
Figura 7: Diagrama de Causa e Efeito Fonte: “Ferramentas da Qualidade”, Instituto Português da Qualidade	11
Figura 8: Histograma	12
Figura 9: Folha de Verificação Fonte: “Statistical Quality Control”, Montgomery.....	13
Figura 10: Tipos de Correlação Fonte: “Ferramentas da Qualidade”, Instituto Português da Qualidade.....	14
Figura 11: Símbolos Universais do Fluxograma Fonte: “Gerenciamento da Qualidade Total”, Oakland.....	15
Figura 12: Funcionamento das Cartas de Controlo Fonte: “Statistical Quality Control”, Montgomery	15
Figura 14: Tipos de Cartas de Controlo mais Comuns Fonte: Sarsfield Cabral.....	18
Figura 15: Principais Ingredientes da Cerveja.....	22
Figura 16: Esquema do Processo de Produção de Cerveja; Fonte: Manual de Cerveja à Pressão, Super Bock	24
Figura 17: Esquema Inicial da Linha de Enchimento	26
Figura 18: Esquema da Linha de Enchimento.....	26
Figura 19: EBI Fonte: Krones	29
Figura 20: Sopradora	30
Figura 21: Enchedora.....	30
Figura 22: Capsulador	31
Figura 23: Capsulador	31
Figura 24: Inspetor de Nível.....	32
Figura 25: Pasteurizador.....	32
Figura 26: Funcionamento da recirculação de água no pasteurizador.....	33
Figura 27: Folha de Excel para o controlo estatístico do volume de líquido	38
Figura 28: Tipos de garrafas teste do Inspetor de Nível.....	40
Figura 29: Zonas do Pasteurizador definidas no método de validação	41
Figura 30: Carta das médias da Carlsberg 33cl	42
Figura 31: Carta dos desvios padrão da Carlsberg 33cl	42

Figura 32: Carta das médias da Super Bock 50cl	44
Figura 33: Carta dos desvios padrão da Super Bock 50cl	44
Figura 34: Histograma do oxigénio total das garrafas	45
Figura 35: Curva de normalidade do diâmetro das cápsulas	45
Figura 36: Histograma da pressão interna das garrafas de SB 33 cl	46
Figura 37: Cartas de controlo das médias e amplitude das UPs	46
Figura 38: Histograma das UPs	47

Índice de Tabelas

Tabela 1: Tabela relativa às classes dos histogramas	12
Tabela 2: Tipos de Cartas de Controlo, Fonte: Instituto Português da Qualidade	16
Tabela 3: Análise da capacidade do processo	17
Tabela 4: Limites e especificações dos vários tipos de cartas de controlo	21
Tabela 5: Tabela dos defeitos presentes nas garrafas teste.....	29
Tabela 6: Teste de aceitabilidade da sopradora	37

1 Introdução

O projeto “Validação de equipamentos das Linhas de Enchimento” aborda a temática de controlo de processos, nomeadamente o processo de Enchimento de Garrafas de Cerveja e a validação dos seus equipamentos. Com este estudo a Unicer pretende uniformizar os processos de validação dos equipamentos das suas fábricas, assim como vir a possuir este tipo de documentos, que até agora são inexistentes.

Devido à recessão económica que o nosso país atravessa, assim como devido à presença da troika (constituída pela Comissão Europeia, o Banco Central Europeu e o Fundo Monetário Internacional), que controla e define regras relacionados com o orçamento do nosso país, a população vive uma situação de contenção económica. Essa situação teve um impacto negativo no consumo de cerveja, refrigerantes e águas. De acordo com o presidente executivo da Sociedade Central de Cervejas (SCC), Ronald den Elzen, o mercado cervejeiro vai cair 10% este ano e o das águas entre 3 a 4%.

O segmento cervejeiro, em Portugal, é maioritariamente detido por dois *players*. A SCC e a Unicer lutam todos os anos pela liderança deste mercado deixando pouca margem à entrada de novos concorrentes. Para estar à altura do seu principal concorrente, tem que conseguir ter custos mais baixos, porque o mercado atual facilita a entrada de marcas brancas de baixo custo. Com vista a uma estratégia de centralização de recursos, ganhos logísticos e diminuição de custos a Unicer centralizou a produção de cerveja apenas num único *site*. O encerramento em março de 2013 da unidade produtiva de Santarém e modernização e ampliação do centro produtivo de Leça do Balio foi a estratégia adotada pela mesma. Esta escolha foi também influenciada pela proximidade do Porto de Leixões, pois as exportações para a Europa Ocidental, América do Norte e PALOP (entre os quais Angola, que é um mercado que tem crescido substancialmente) representam grande parte das vendas.

Com esta reformulação e modernização da fábrica de Leça do Balio, que resultou na aquisição de novas máquinas de maior capacidade e na construção de novas linhas, urge a existência deste tipo de métodos de validação.

Este capítulo divide-se em quatro partes. Em primeiro lugar é feita uma apresentação detalhada da empresa onde o projeto foi desenvolvido. Numa segunda fase são apresentados os objetivos do projeto. Seguidamente são descritas as metodologias utilizadas na elaboração do mesmo. Em última análise, faz-se uma explicação da organização dos temas abordados no presente relatório.

1.1 A Unicer

A Unicer (sigla que significa União Cervejeira), com cerca de 120 anos de existência, pois deriva da antiga União Fabril Portuense, tem sofrido constantes alterações e adaptações, de forma a adequar-se à realidade atual e aos requisitos dos consumidores. Esta é a maior

empresa portuguesa de bebidas em Portugal, tendo como atividade principal a produção, engarrafamento e comercialização de cervejas e águas engarrafadas.

No entanto, o portfólio da Unicer não se reduz às águas e cervejas, pois esta mantém, também, presença no segmento dos sumos e refrigerantes e vinhos. Manifesta-se, ainda, na produção e comercialização de malte e no negócio do turismo, possuindo os parques Lúdico-Termiais de Vidago e de Pedras Salgadas, situados na região de Trás-os-Montes. (Adaptado da Intranet de Unicer Bebidas SA)

A Unicer é composta por vários acionistas. A proporção de cada um está representada na figura 1. A Carlsberg sendo, também, uma empresa cervejeira, tem um papel muito importante na Unicer, devido à sua experiência.

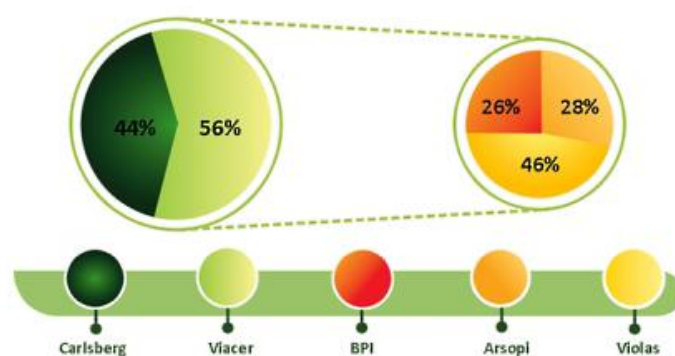


Figura 1: Acionistas da UNICER Fonte: Unicer

A Unicer, que conta com cerca de 1500 trabalhadores e com unidades de Norte a Sul do país, detém 10 estabelecimentos que incluem centros de produção, centros de captação e engarrafamento de águas, vendas e operações. Estes têm a dispersão geográfica representada pela figura 2.

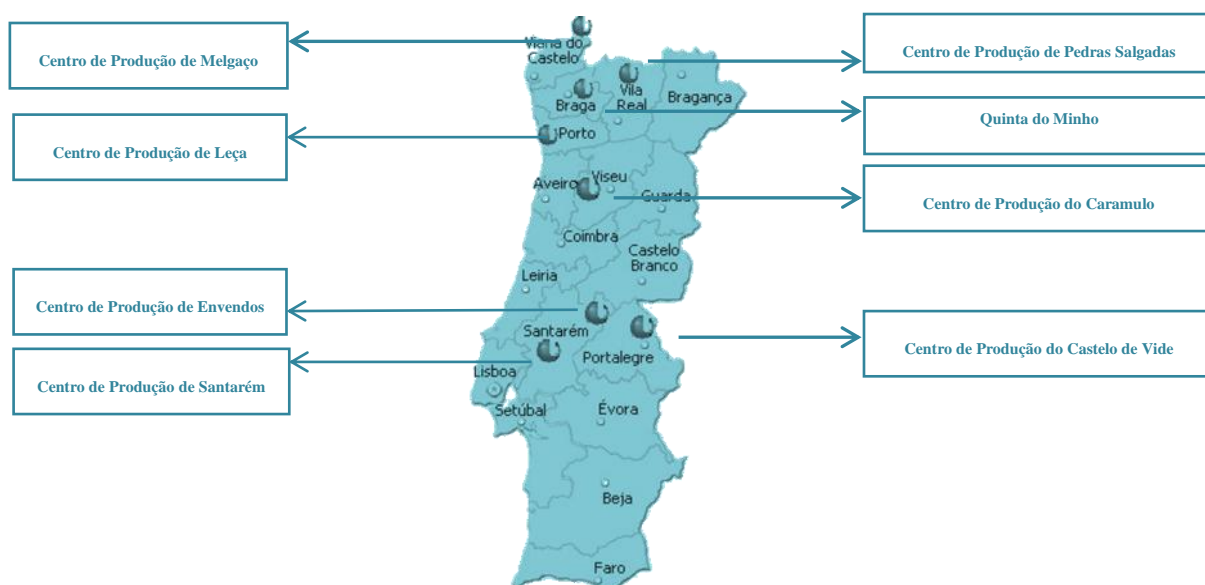


Figura 2: UNICER em Portugal

Ao nível organizativo, a empresa encontra-se estruturada de acordo com o organigrama apresentado na figura 3. O projeto decorreu na secção de Qualidade.

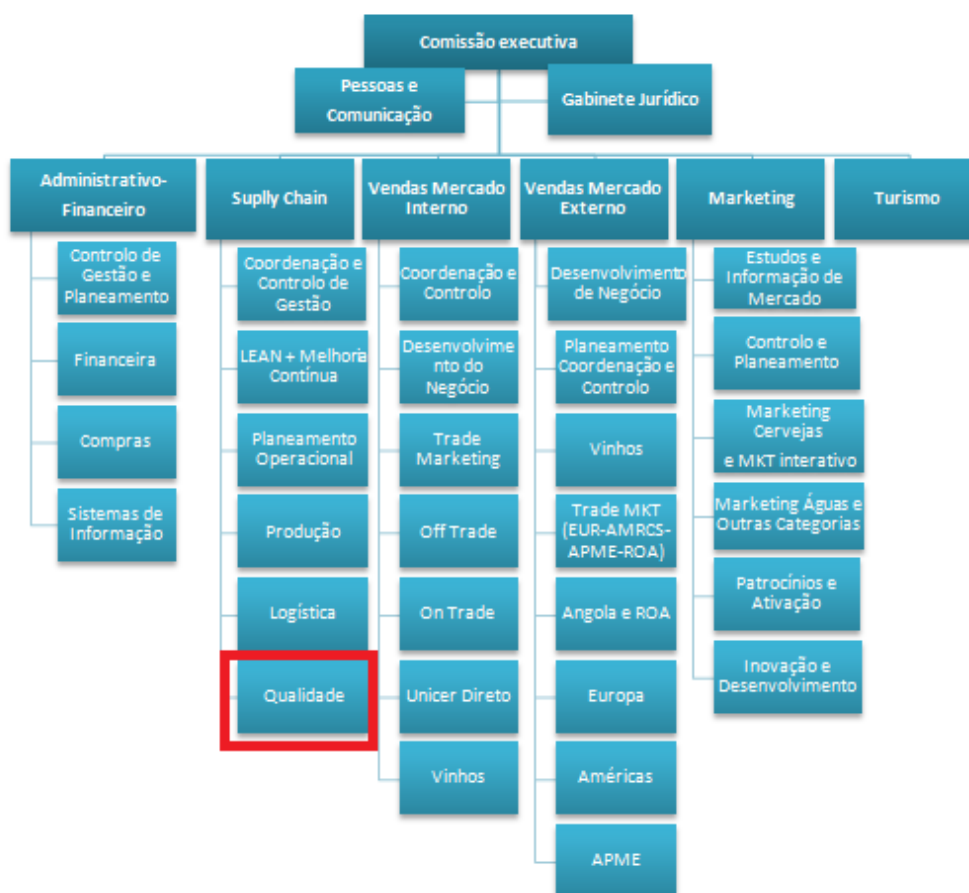


Figura 3: Organograma da UNICER Bebidas, SA

A Unicer encontra-se atualmente na fase de implementação do Masterplan, que contempla o crescimento e instalação de novas linhas na unidade de Leça do Balio, face ao encerramento da unidade cervejeira de Santarém, que, daqui para a frente, produzirá apenas sumos e encherá as cervejas de lata, que representam um mercado mais pequeno do universo das cervejas.

A Unidade de LB tem, na atualidade, sete linhas de produção:

- Linha Barril TP;
- Linha Barril TR;
- Linha A, linha TP e TR (maioritariamente), que será desativada em Março de 2013;
- Linha 5, linha TP (maioritariamente) e TR;
- Linha 6, linha TP;
- Linha 2, linha TP;
- Linha 3, linha TR.

Estas linhas serão alvo de revisão até Março de 2013.

1.2 Objetivos do Projeto

Dado que as bebidas da Unicer estão presentes em várias partes do mundo, e com o fecho da fábrica de Santarém (na componente de fabricação e embalagem de cerveja), a fábrica de Leça do Balio tem que aumentar a sua capacidade produtiva para conseguir dar resposta ao mercado existente. Desta forma, foram reformuladas três linhas de produção, com alteração

do *layout* e das próprias máquinas. Estas novas máquinas têm uma capacidade muito superior às anteriores, que já estavam obsoletas.

Esta alteração obriga à existência de um plano e métodos de validação e controlo das máquinas, que até então não existiam, para garantir que o produto está a sair para o mercado dentro das conformidades e que não apresenta riscos para o consumidor final. Pretende, mais ainda, assegurar que as máquinas se encontram a funcionar de acordo com as especificações dos fornecedores. Caso isso não se verifique, as máquinas terão que ser substituídas.

1.3 Método seguido no projeto

A metodologia utilizada para abordar este projeto, teve em conta a planificação efetuada no início do mesmo. Os passos seguidos foram:

- **Conhecimento dos valores, funcionamento e organização da empresa**

Com o início de uma nova realidade, quer a nível empresarial quer do processo produtivo da empresa em questão, justificou-se a existência de um período de adaptação à mesma. Desta forma, as primeiras duas semanas foram dedicadas ao conhecimento da fábrica e da globalidade do seu processo.

Esta etapa foi importante no sentido de se conseguirem alcançar os passos seguintes do projeto.

- **Estudo do processo produtivo**

Para começar qualquer projeto é imprescindível o conhecimento do processo produtivo. Neste caso, quer o processo de enchimento, quer o processo a montante, ou seja, o processo de produção da cerveja.

Este estudo fez-se, não só pelo conhecimento da realidade da fábrica, como através de pesquisa bibliográfica. O contato visual com o processo ajuda a visualizar, mas sem um estudo prévio é insignificante.

- **Consulta de Bibliografia**

Para além da consulta do processo produtivo da cerveja e do enchimento, foi importante fazer um trabalho de pesquisa acerca do tema de trabalho. Foi importante consultar a maneira como diversos autores controlam as variáveis e como definem o tamanho das amostras e a apreensão de novos termos técnicos, como é o caso da marisa, que corresponde ao topo da garrafa, onde se dá o encaixe da carga.

- **Escrita dos Métodos de Validação de Equipamentos**

Após o conhecimento das máquinas e do seu funcionamento, foi necessário estabelecer os aspetos críticos do produto, que deveriam ser verificados quanto à sua conformidade.

Após essa análise, foram desenvolvidos os métodos que deveriam ser utilizados neste contexto.

- **Desenvolvimento de folhas Excel e recolha de Dados**

No decorrer do projeto, foram desenvolvidas folhas de Excel onde seriam apontados os dados e a lista de parâmetros a cumprir, para concluir a validação das linhas.

Posteriormente, foram recolhidos dados no arranque do projeto.

- **Tratamento estatístico dos dados e propostas**

Devido à curta duração do projeto, não foi possível efetuar uma análise de dados 100% fidedigna, porque o processo não se encontrava dentro de controlo.

Como tal, foi elaborada uma folha Excel, que após a inserção dos dados, possibilita calcular os índices de capacidade, assim como os gráficos de controlo.

1.4 Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório

Esta tese de dissertação está dividida em cinco capítulos.

O presente capítulo pretende introduzir o projeto, assim como apresentar a empresa em que se desenvolveu.

O segundo capítulo apresenta os conceitos relacionados e fundamentais ao projeto.

No terceiro capítulo é apresentado o processo de produção de cerveja, assim como o de engarrafamento, ou seja, a realidade da empresa.

No quarto capítulo são explicados os métodos de validação e algumas análises possíveis aos dados.

No quinto e último capítulo, são apresentadas conclusões deste projeto, assim como são deixadas sugestões para trabalhos futuros.

2 Estado da Arte

Quando utilizamos a expressão "qualidade", geralmente pensamos num excelente produto ou serviço, que cumpre ou excede as nossas expectativas. Essas expectativas são baseadas no uso pretendido e preço de venda.

De acordo com a ANSI / ASQC padrão A3-1987, qualidade é a totalidade de aspetos e características de um produto ou serviço que afetam a sua capacidade de satisfazer as necessidades implícitas ou declaradas. Estas necessidades envolvem segurança, disponibilidade, facilidade de manutenção, confiabilidade, usabilidade, preço e meio ambiente. (Mizuno, 1993)

Foi neste contexto que, Juran referiu, em Outubro de 1978, numa conferência internacional sobre qualidade em Tóquio, que a qualidade dos produtos japoneses nos anos 50 era tão pobre que parecia que a indústria japonesa não sobreviveria, a menos que melhorasse suficientemente os seus produtos de forma a conseguir exportá-los para mercados externos. Desde essa época, os esforços da indústria japonesa para melhorar o controlo da qualidade, estimulados pelo instinto de sobrevivência, trouxeram resultados esplêndidos, e agora, o Japão enfrenta o desafio de buscar novos rumos em direção ao futuro. Antes deste comentário, o setor de negócios japonês já tinha expandido a aplicação do controlo da qualidade às suas áreas tradicionais e pretendia aplicar às áreas de pós-fabricação, como vendas e serviços. (Mizuno, 1993)

A melhoria da qualidade é um processo contínuo, sistemático e incremental, pois para um produto/processo ter qualidade tem que se adaptar constantemente aos requisitos do mercado. Segundo Pedro Gama (2001), visto que esta melhoria contínua é um dos pilares fundamentais pela gestão da qualidade total, muitas entidades empenhadas no desenvolvimento e implementação de tais metodologias desenvolveram, ao longo dos tempos, atitudes e técnicas que tornam possível o progresso e a melhoria da qualidade. É importante estarmos sempre a melhorar o nosso produto/processo/serviço para não sermos ultrapassados pela concorrência, portanto devemos melhorar tanto os produtos, adaptando-os às novas exigências do mercado, como os processos internos, conseguindo, assim, reduzir os custos e prazos de entrega. Para Juran, “Um ano sem evoluir é um ano ganho pela concorrência”.

Para Joseph Juran, “qualidade é aptidão ao uso”, pois a qualidade é algo subjetivo e em constante alteração. A qualidade está associada à fiabilidade, desempenho, design, ergonomia, economia e assistência de um produto ou serviço, pois este terá qualidade se conseguir corresponder às necessidades e expectativas dos clientes a que se destina. Desta forma, pode-se afirmar que a qualidade não é algo inerente aos produtos ou serviços, mas que está depende da avaliação que os clientes fazem desses mesmos produtos e serviços. É por esta razão que A. Toffler declara que “A qualidade é definida pelo cliente”.

Para Philip Crosby, “Qualidade é conformidade com as especificações”.

As personalidades que mais contribuíram para o desenvolvimento da qualidade e a criação de algumas ferramentas e que, por isso, são considerados os gurus da qualidade são Deming (popularizou o ciclo PDCA), Shewhart (criou as cartas de controlo e o ciclo PDCA), Crosby (criador de alguns conceitos, como “zero defeitos”), Juran, Ishikawa (criador do diagrama de causa e efeito) e Feigenbaum. (Lucinda, 2010)

Um dos vetores determinantes deste processo de melhoria contínua é a implementação da filosofia, ou seja, de uma série de princípios aplicáveis ao local de trabalho.

Em 1950, a sistematização dos processos de melhoria contínua obteve um grande contributo, quando o Dr. Deming desenhou um diagrama a que chamou Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act). A sistematização do ciclo PDCA está representada na figura 4.

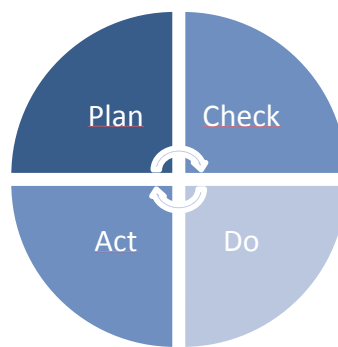


Figura 4: Ciclo PDCA

- "Plan" inclui temas de escolha de controlo e estabelecimento de metas, ou seja, o que pretendemos realizar, num dado período de tempo, e quais as ações a desenvolver para chegar lá.
- "Do", inclui a execução do processo.
- "Check" inclui a deteção e a decisão, isto é, os resultados das nossas ações para ter a certeza que o que obtivemos está de acordo, ou suficientemente perto, dos objetivos traçados.
- "Act" inclui estimular o atuador para tomar medidas corretivas, implementando mudanças que são necessárias para garantir que os resultados obtidos nas verificações são efetiva e eficazmente conseguidos durante o normal funcionamento da organização. Desta forma, é possível chegar aos objetivos planeados.

A primeira versão do ciclo PDCA foi apresentada na primeira palestra de W. Edwards Deming no Japão (Deming, 1950). Desde então, foram criadas e publicadas outras versões do mesmo.

Algumas destas versões tentaram rotular o ciclo PDCA de forma que o tentam tornar numa série de passos universais, tanto para o controlo como para a melhoria da qualidade. Os autores acham que isso confunde as coisas, uma vez que estes dois processos, apesar de estarem relacionados, são muito diferentes. (Juran, Godfrey, 1993)

A fim de conseguir perceber e controlar os processos, foram criadas ferramentas básicas da qualidade (o segundo vetor), que são utilizadas frequentemente nas empresas, com este mesmo objetivo.

Oakland (2003) refere onze ferramentas para este mesmo efeito, assim como a que perguntas responde:

- Fluxograma - “O que é feito?”
- Folhas de Verificação/ Tabelas de Contagem – “Com que frequência são feitos?”
- Histogramas – “Quais são as variações Totais?”
- Gráficos de Dispersão – “Quais são as relações entre os fatores?”
- Estratificação – “Como são obtidos os dados?”
- Gráfico de Pareto – “Quais são os grandes problemas?”
- Diagrama de Causa Efeito e Brainstorming (incluindo Five why’s) – “Quais são as causas do Problemas?”
- Análise de Campo de Força – “O que pode obstruir ou ajudar a mudança/solução?”
- Curva de Ênfase – “Quais são os fatores mais importantes?”
- Cartas de Controlo – “Que variações devem ser controladas e porquê?”

Giocondo César (2011) refere também no seu livro “Ferramentas básicas da qualidade”, onze ferramentas para este mesmo efeito. Quase todas as ferramentas são comuns aos dois autores, mas Giocondo César (2011) não refere no seu livro a Análise do Campo de Força e a Curva de Ênfase, mas refere os Gráficos em geral e refere 5W1H (Five Why’s and One How), como uma ferramenta.

Alguns autores referem que, destes todos, existem sete elementos que são cruciais para a garantia da qualidade, ou como alguns autores lhes chamam “*The Magnificent Seven Tools*”. No entanto existem algumas controvérsias no que toca à escolha deste sete elementos. Há seis ferramentas que encontramos em todos os autores: a Folha de verificação (ou *checklist*), os Histogramas, o Diagrama de Pareto, os Gráficos de Dispersão, o Diagrama de Causa-Efeito e as Cartas de Controlo.

Quanto ao sétimo elemento, Mizuno (1993) refere que são gráficos variados que ajudam à compreensão dos acontecimentos, enquanto Montgomery (2009) menciona o Diagrama de Concentração de Defeito e o Gama (2001) e Davis, Aquilano e Chase (1999), Ishikawa (1986) e Lucinda (2010) o Fluxograma.

Para conseguirmos resolver os problemas eficazmente devemos, então, seguir uma série de passos:

1. Decisão sobre o problema a considerar prioritariamente;
2. Descrição da extensão e caracterização do problema;
3. Listagem de todas as causas potenciais do problema;
4. Seleção da(s) causa(s) mais importante(s) do problema;
5. Desenvolvimento de um plano para implementação efetiva da(s) solução(ões);
6. Implementação da(s) solução(ões) e dos procedimentos que asseguram que o problema foi de facto eliminado.

Na “Identificação do Problema” inclui-se as fases 1 e 2, enquanto a “Análise do Problema” é constituída pelas fases 3 a 5. (Gama, 2001)

Para Mizuno (1993), estas sete ferramentas tradicionais de controlo da qualidade foram utilizadas como um meio de análise e controlo e contribuíram significativamente para a melhoria da qualidade, porque são fáceis de entender. Elas utilizam-se de acordo com a figura 5.

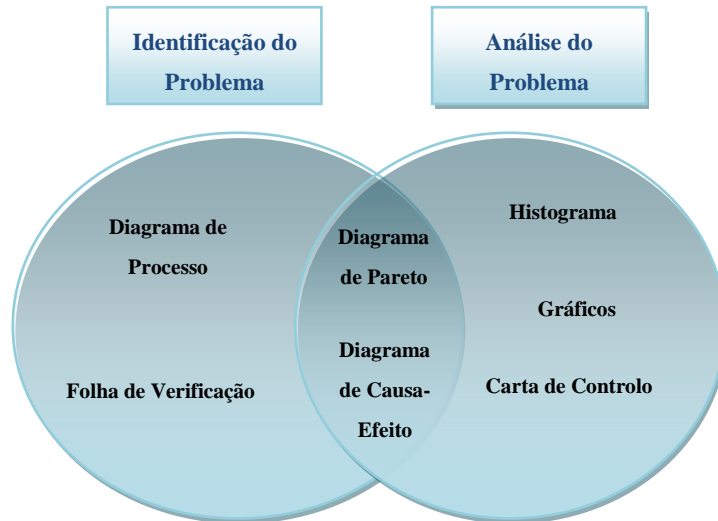


Figura 5: Ferramentas Básicas da Qualidade; Fonte: Instituto Português da Qualidade

2.1 Definição de controlo estatístico

Controlo estatístico é o nome dado às técnicas utilizadas para a detetar a presença de causas assinaláveis, permitindo assim diagnosticar e corrigir as falhas do processo, originando uma melhoria contínua. A segunda característica do controlo estatístico da qualidade reside no facto de, através da medição da capacidade do processo e, desta forma, especificando que esta variação deve ocorrer por necessidade, serem impedidos muitos ajustamentos desnecessários para o processo. (Murdoch, 1979)

O controlo estatístico de processo (SPC) e a amostragem de aceitação são as duas partes principais do controle estatístico da qualidade (SCQ). (Besterfield, 1990)

2.2 As Sete Ferramentas Básicas da Qualidade

Como já foi referido anteriormente, existem sete ferramentas principais que são utilizadas na garantia da qualidade dos processos. Aqui serão explicadas sucintamente as seguintes ferramentas:

- Gráfico de Pareto
- Diagrama de Causa e Efeito
- Histograma
- Folhas de Verificação (check-lists)
- Gráficos de Dispersão
- Fluxogramas
- Cartas de Controlo

2.2.1. Gráfico de Pareto

O Gráfico de Pareto, basicamente, é um histograma (ou distribuição de frequências) dos dados organizados por categoria, que são ordenados de forma decrescente. Este gráfico está na mesma base do princípio de Pareto, definido por Joseph Juran em 1950. Esta ferramenta foi batizada com o nome de um economista italiano (Vilfredo Pareto) que percebeu que a riqueza da sociedade, após a sua análise, pertencia a um número reduzido de indivíduos. A partir desta constatação, Juran percebeu que este princípio era válido para diversas áreas e que poderia ser utilizado como uma ferramenta técnica da qualidade.

Resumidamente, o princípio de Pareto diz-nos que 80% dos problemas são causados por 20% dos equipamentos, materiais, métodos, fornecedores ou pessoas.

Segundo Montgomery (2009), através deste gráfico, o utilizador pode identificar, rápida e visualmente, os tipos de defeitos mais frequentes. Por exemplo, na figura 6 verificamos que as dimensões incorretas, as peças danificadas e a maquinagem são os defeitos mais comuns encontrados. Desta forma, as causas destes tipos de defeitos, provavelmente, devem ser as primeiras a ser identificadas e atacadas. No entanto, é de salientar que o gráfico de Pareto não identifica os defeitos mais importantes, mas apenas os mais frequentes.



Figura 6: Gráfico de Pareto Fonte: Montgomery (2009)

2.2.2. Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de Causa e Efeito, desenvolvido por Karou Ishikawa em 1943, tem por objetivo relacionar as causas com os efeitos causados. Desta forma, assim que identificamos um defeito, um erro ou um problema, devemos aprofundar as causas que estão na origem deste problema indesejável. Quando estas causas não são óbvias, este diagrama é útil para a deteção de causas potenciais.

As causas, neste tipo de diagrama, têm vários níveis. As causas de nível 1 são as que afetam diretamente as causas gerais. As causas de nível 2 são as que afetam as causas de nível 1 e assim sucessivamente. Esta explicação pode ser, mais facilmente, acompanhada pelo esquema da figura 7.

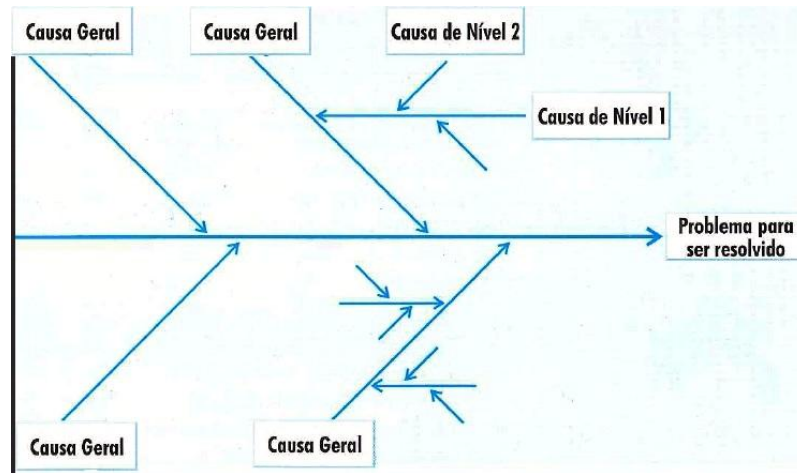


Figura 7: Diagrama de Causa e Efeito Fonte: “Ferramentas da Qualidade”, Instituto Português da Qualidade

Este diagrama também é designado por “Diagrama de Ishikawa”, que foi o seu criador, ou “Diagrama de Espinha de Peixe”, devido à sua forma.

É devido à invenção desta ferramenta, que facilita a o “brainstorming” da equipa, que o seu autor é considerado o pai dos círculos de qualidade (Gama, 2001).

Segundo Montgomery (2009), existem sete passos que nos ajudam na construção deste diagrama.

1. Definir o problema ou efeito a ser analisado;
2. Formar a equipa para realizar a análise;
3. Desenhar a linha central e as caixas dos efeitos;
4. Especificar as principais categorias das causas potenciais e juntá-las em caixas ligadas à linha central;
5. Identificar as possíveis causas e classificá-los nas categorias principais encontradas no passo 4 e criar novas categorias, se necessário;
6. Ordenar as causas para identificar aquelas que parecem mais prováveis afetar o problema;
7. Adotar uma ação corretiva.

O Diagrama de Causa e Efeito é uma ferramenta extremamente poderosa. Um diagrama altamente detalhado pode servir para uma eficaz resolução dos problemas. (Montgomery 2009)

2.2.3. Histograma

Com a constante preocupação com a recolha de dados e sua arquivagem de uma geração industrial, torna-se necessário analisar estes dados. É praticamente impossível tirar alguma conclusão de dados em bruto, mas o mesmo não acontece se estes dados estiverem agrupados graficamente, que nos dá uma informação rápida e visual da dispersão e localização dos valores recolhidos, como acontece na figura 8.

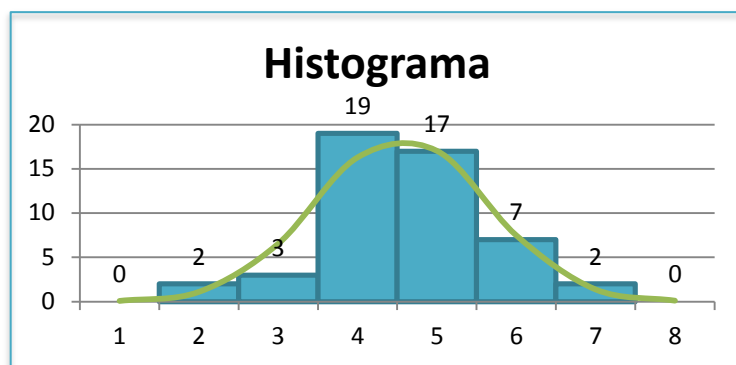


Figura 8: Histograma

Este gráfico, de nome histograma, é a forma mais usual de representar a distribuição de frequências de variáveis discretas ou contínuas, podendo ser relativo às frequências absolutas ou relativas.

De acordo com Pedro Gama (2001), no caso das variáveis contínuas, a sua construção deve ser feita tendo em conta os seguintes passos:

1. Recolher os dados do parâmetro em estudo;
2. Determinar a amplitude dos dados (subtração do maior valor pelo menor);
3. Calcular a amplitude de cada intervalo (determinando o número de intervalos e dividindo pelo número de intervalos);
4. Marcar a escala dos valores no eixo horizontal e no vertical a escala das frequências.

Um exemplo desta divisão por classes, está representada na tabela 1.

Tabela 1: Tabela relativa às classes dos histogramas

<i>Intervalos</i>	<i>Frequência acumulada</i>	<i>Frequência relativa</i>
19,50 - 19,80	2	2
19,80 - 19,90	5	3
19,90 - 19,99	24	19
19,99 - 20,08	41	17
20,08 - 20,16	48	7
20,16 - 20,25	50	2
<i>Totais</i>	50	50

No caso das variáveis discretas, não é necessário fazer esta transformação dos dados.

2.2.4. Folhas de verificação

Para uma melhor compreensão do estado do processo, é imprescindível a recolha de dados (tanto atuais como históricos) do processo em análise, pelo que as folhas de verificação são bastante úteis neste processo de recolha de dados. (Montgomery, 2009)

Na figura 9, está representado um exemplo de uma folha de verificação.

	2002												2003					Total
Defect	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
Parts damaged		1		3	1	2		1		10	3		2	2	7	2		34
Machining problems			3	3				1	8		3		8	3				29
Supplied parts rusted			1	1		2	9											13
Masking insufficient		3	6	4	3	1												17
Misaligned weld	2																	2
Processing out of order	2													2				4
Wrong part issued		1						2										3
Unfinished fairing			3															3
Adhesive failure				1						1			2		1	1		6
Powdery alodine					1													1
Paint out of limits						1								1				2
Paint damaged by etching			1															1
Film on parts						3		1	1									5
Primer cans damaged								1										1
Voids in casting									1	1								2
Delaminated composite										2								2
Incorrect dimensions										13	7		13	1		1	1	36
Improper test procedure										1								1
Salt-spray failure													4		2			4
TOTAL	4	5	14	12	5	9	9	6	10	14	20	7	29	7	7	6	2	166

Figura 9: Folha de Verificação Fonte: “Statistical Quality Control”, Montgomery

O resumo dos acontecimentos orientados no tempo é particularmente valioso na procura de tendências ou outros padrões significativos. Por exemplo, se muitos defeitos ocorrem durante o verão, uma possível causa pode ser a utilização de trabalhadores temporários durante o período de férias.

Antes de elaborar uma folha de verificação, deve-se saber o que pretendemos saber. Se a folha de verificação constitui a base para a realização dos cálculos subsequentes ou se esta é utilizada como uma folha de cálculo para a entrada de dados num computador, então é importante certificarmo-nos que a folha de verificação será adequada para esta finalidade. Na sua realização, é aconselhável definir o período no qual se vai recolher a informação, escolher um formato claro e preciso, onde os dados serão registados e, por último, recolher os dados de forma precisa e consistente.

No processo de realização da *checklist* é essencial compreender a diferença entre dados e números. As variáveis são os dados originários de medições que podem ocorrer em qualquer ponto de escala contínua, enquanto os atributos são dados discretos, que não estão expressos numa escala contínua. (Oakland, 1989)

2.2.5. Gráficos de Dispersão

Os gráficos de dispersão são bastante úteis na identificação de uma potencial relação entre duas variáveis em causa. Os dados são recolhidos em pares de ordenadas (y_i , x_i) para $i = 1, 2, \dots, N$.

A forma do diagrama de dispersão geralmente indica qual o tipo de relação pode existir entre as duas variáveis. Como se pode constatar através da análise da figura 10, na primeira imagem existe uma relação positiva entre as variáveis, na segunda uma correlação negativa e, no último caso, não há qualquer relação entre as duas. Os coeficientes de correlação variam entre -1 e 1, sendo que o valor -1 representa uma correlação negativa perfeita e o valor 1 uma positiva.

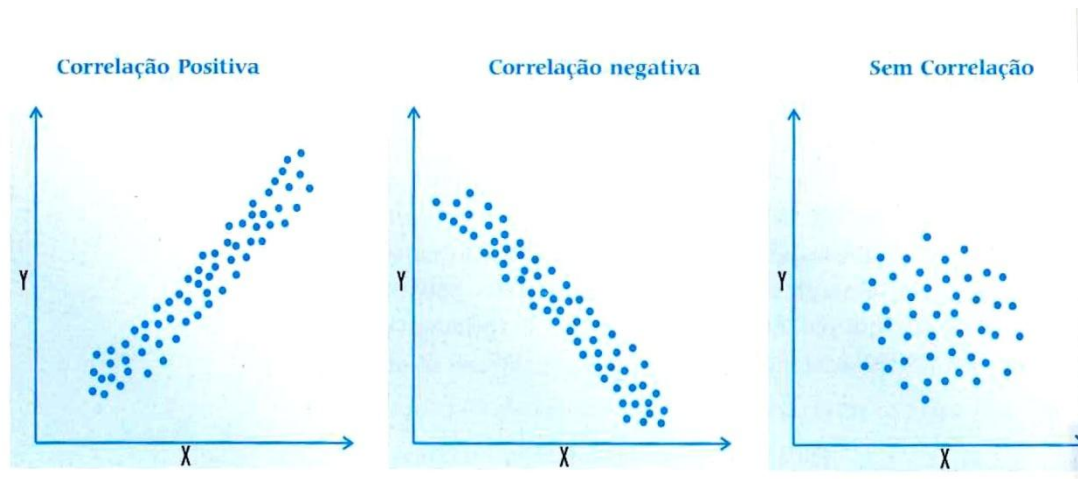


Figura 10: Tipos de Correlação Fonte: “Ferramentas da Qualidade”, Instituto Português da Qualidade

Contudo, esta relação aparente pode ser causada por algo bastante diferente. Por exemplo, ambas as variáveis podem estar relacionadas com um terceiro elemento, o que as faz parecer relacionadas. (Montgomery, 2009)

O diagrama de dispersão é útil para a identificação de potenciais relações.

A fórmula que nos dá a relação entre as variáveis, ou seja, o coeficiente de correlação é: (Gama, 2001)

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) * (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 * \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

2.2.6. Fluxograma

O Fluxograma é uma ferramenta que ajuda os indivíduos a possuir uma noção precisa, devidamente estruturada e que seja de fácil visualização, onde constam os processos que estão sob a sua responsabilidade. Nestes gráficos estão ilustrados o conjunto de tarefas, variáveis, entradas e saídas que estão na base da elaboração de um produto.

“As descrições que definem o processo devem possibilitar a sua compreensão e fornecer a base de qualquer exame crítico necessário para o desenvolvimento de melhorias. É essencial, então, que as descrições dos processos sejam precisas, claras e concisas.” (Oakland, 1989)

Como Oakland referiu, para um fácil compreensão, é necessário que os processos estejam devidamente descritos, para uma compreensão universal. Porém, estes fluxogramas devem estar em permanente atualização, acrescentando ou removendo etapas ao longo do tempo. Este gráfico permite, de tal forma, que os colaboradores reflitam sobre as suas responsabilidade e colaborem ou troquem informações necessárias com outras áreas ou fornecedores. Esta atualização deve ser feita em trabalho de grupo, com todos os intervenientes na área funcional.

Os símbolos do fluxograma são universais e estão representados na figura 11.

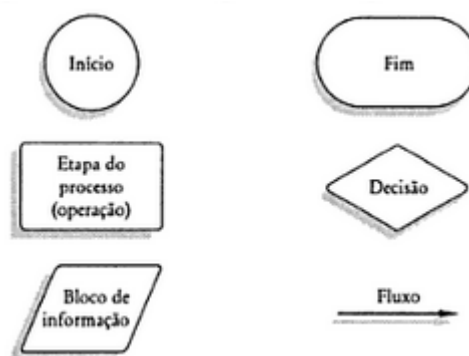


Figura 11: Símbolos Universais do Fluxograma Fonte: “Gerenciamento da Qualidade Total”, Oakland

2.2.7. Cartas de Controle

As cartas de controle foram criadas por Walter Shewhart, para identificar a presença (ou ausência) de causas de variação, separando-as em dois tipos de causas de variação (causas comuns e causas especiais/assinaláveis). São, além dessa vertente, consideradas como uma técnica de monitorização “on-line” do processo, funcionando como um sistema de alerta para a ocorrência de situações de descontrole. As cartas de controle também podem ser utilizados para estimar os parâmetros de um processo de produção, e, com esta informação, é possível determinar a capacidade do processo. Estas cartas têm por base uma distribuição de probabilidade estável com parâmetros constantes. As cartas de controle têm uma forma semelhante ao da figura 12.

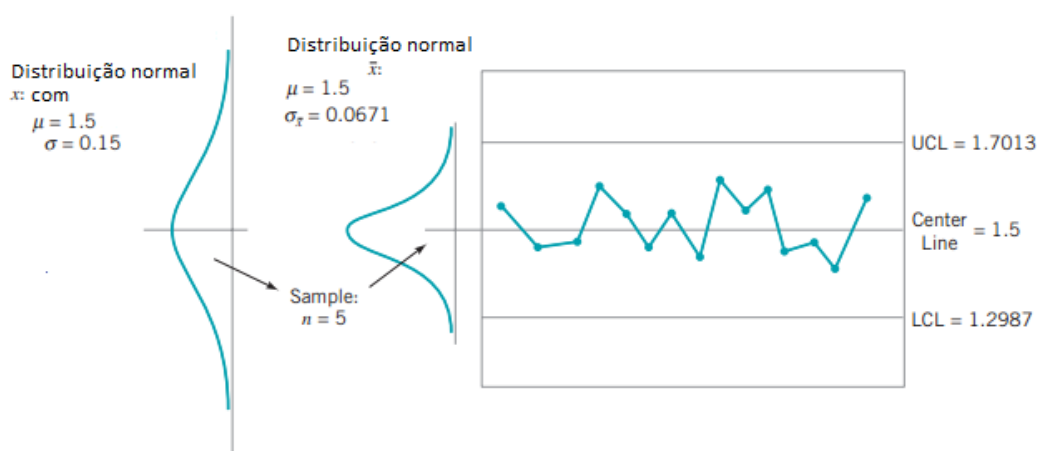


Figura 12: Funcionamento das Cartas de Controle Fonte: “Statistical Quality Control”, Montgomery

A variação dos dados é inevitável. No entanto, podem ser motivadas por estes dois tipos de causas. As causas que se denominam por comuns ou aleatórias (por se assumir que são aleatórias e independentes) são inerentes aos processos e são difíceis de se eliminar. Usualmente, quando ocorrem, acontecem em grande número, portanto, embora façam variar a característica da amostra de caso para caso, distribuição de probabilidade não se altera e permanece estável e o número de peças defeituosas será previsível. (Sarsfield Cabral, 2011; Grant & Leavenworth, 1999)

Quando a população em análise reflete apenas os efeitos de causas comuns de variação, então o processo é considerado, estatisticamente, em estado de controle (ou sob controle).

As causas que, contrariamente a estas, não são inerentes aos processos e cujos efeitos têm uma amplitude significativa, designam-se por causas especiais (ou assinaláveis) de variação.

Registe-se que, neste caso, a variável a ser analisada toma valores imprevisíveis e não é passível de ser estimada. Um processo que está sujeito a causas assinaláveis estará, ao contrário de um processo sob ação de causas comuns, fora de controlo. (Apontamentos de Sarsfield Cabral)

O gráfico de controlo é uma técnica de controlo de processo bastante útil, pois quando fontes incomuns de variabilidade estão presentes, as médias amostrais serão desenhadas fora dos limites de controlo. Este é um sinal de que deverá ser feita alguma investigação do processo, assim como tomar uma ação corretiva para eliminar essas fontes aleatórias de variabilidade tomadas.

Este tipo de ferramenta tem como objetivo apontar evidências do estado de controlo estatístico de um processo, assim como assinalar a presença de causas especiais de variação, para que possam ser tomadas medidas de correção para o processo conseguir atingir as especificações definidas. (Gama, 2001)

Os tipos de cartas de controlo existentes estão presentes na tabela 2 do presente relatório.

Tabela 2: Tipos de Cartas de Controlo, Fonte: Instituto Português da Qualidade

Caraterística	Tipo de Carta de Controlo		Situação de Aplicação
Variável	\bar{X} -R	Média e Amplitude	Sub-grupos de dimensão entre 2 e 10
	Md-R	Mediana e Amplitude	Não exige escolaridade mínima do Operador
	\bar{X}_m -R _m	Média Móvel e Amplitude Móvel	Quando existe apenas uma observação por lote
	x _i -R _m	Valores Individuais e Amplitude Móvel	
Atributo	Np	Número de peças defeituosas	Amostras de dimensão constante
	c	Percentagem de peças defeituosas	Amostras de dimensão não constante
	c	Número de defeitos	Amostras de dimensão constante
	u	Número de defeitos por unidade	Amostras de dimensão não constante

2.2.7.1. Capacidade do Processo

Na maioria dos processos, não só existem desvios de um estado de controlo estatístico, como também o processo não está a ser operado, necessariamente, de forma a garantir um melhor rendimento. A esta variação na qualidade, que é inerente ao processo, chamamos “variação inerente ao processo” ou “capacidade/capabilidade do processo”.

Desta forma, a capacidade do processo mede o nível de qualidade que o processo é capaz de satisfazer nas suas condições normais de funcionamento. (Murdoch, 1979).

A capacidade do processo é a medição, reprodutibilidade inerente do produto transformado por um processo, sendo que a reprodutibilidade inerente refere-se à uniformidade do produto resultante de um processo que se encontra em estado de controlo estatístico. Montgomery (2009) define capacidade como uma medida que relaciona o rendimento real de uma máquina com o seu rendimento especificado.

Alguns autores distinguem os termos “capacidade da máquina” de “capacidade do processo”. A capacidade da máquina refere-se à reprodutibilidade sob um conjunto de condições do processo (por exemplo, um operador, matérias-primas homogéneas, boas práticas de fabrico

uniforme). A capacidade do processo refere-se à reprodutibilidade durante um longo período de tempo com alterações normais em trabalhadores, materiais, e outras condições do processo.

A capacidade do processo consegue-nos fornecer informações importantes, neste contexto de controlo do processo, tais como:

1. Prever a extensão da variabilidade que os processos irão exhibir. Essa informação acerca da capacidade fornece informações importantes no estabelecimento de limites de especificação realistas;
2. Escolher, de entre os processos concorrentes ou equipamentos, o que é melhor para atender às especificações;
3. Planear a relação entre processos sequenciais. Frequentemente, quantificar as respetivas capacidades do processo aponta o caminho para uma solução;
4. Fornecer uma base quantificada com o objetivo de estabelecer um cronograma de verificações periódicas de controlo de processo e de reajustes;
5. Testar teorias das causas dos defeitos durante os programas de melhoria da qualidade;
6. Servir como base de requisitos de qualidade de desempenho para o produto adquirido ou de equipamentos. Em fornecedores de certificação, algumas organizações usam um índice de capacidade, como um elemento de critérios de certificação. Nestas aplicações, o valor do índice de capacidade desejada a partir de fornecedores pode ser uma função do tipo de produto a ser comprado. (Juran, Gryna, Bingham, 1974).

O índice de capacidade é dado pela seguinte fórmula: (Vieira, 2001; Besterfield, 1990)

$$c_p = \frac{USL - LCL}{6\sigma}$$

Quanto maior for este índice, melhor a capacidade do processo. Por outro lado, quando o processo está rigorosamente centrado, no meio das especificações, os índices C_p e C_{pk} são iguais. Para um processo unilateral: (Montgomery, 2009)

$$C_{ps} = \frac{USL - \mu}{6\sigma}$$

$$C_{pi} = \frac{\mu - LCL}{6\sigma}$$

O C_{pk} corresponde ao mínimo destes dois valores (C_{ps} e C_{pi}).

Quanto maior o índice de capacidade, melhor a capacidade do processo. Os níveis da capacidade do processo estão referenciados na tabela 3.

Tabela 3: Análise da capacidade do processo

Análise da Capacidade do Processo	
$1,33 \leq cp$ (ou cpk)	Satisfatória
$1 \leq cp < 1,33$ (ou cpk)	Adequada
$cp < 1$ (ou cpk)	Inadequada

Conforme refere Montgomery (2009), o índice C_p indica a dispersão inerente ao processo, enquanto o índice C_{pk} indica o ajuste e a dispersão do processo, conforme se pode analisar na figura 13.

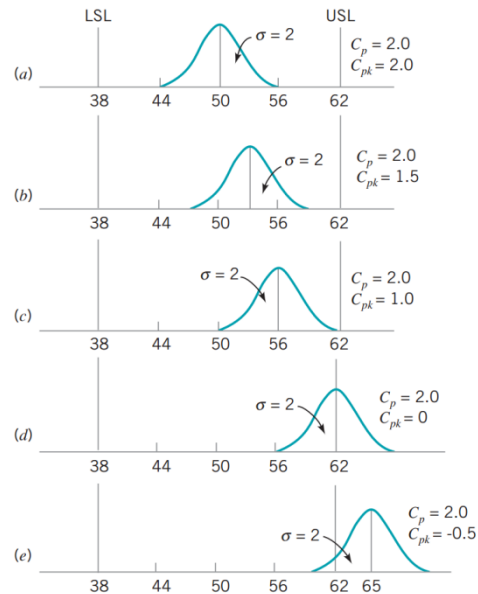


Figura 13: Relação entre C_p e C_{pk} Fonte: “Statistical Quality Control”, Montgomery

2.2.7.2. Tipos de Cartas de Controle Shewhart mais comuns

Segundo Sarsfield Cabral (2011), as cartas de controle mais comuns são aquelas que são apresentadas na figura 14.

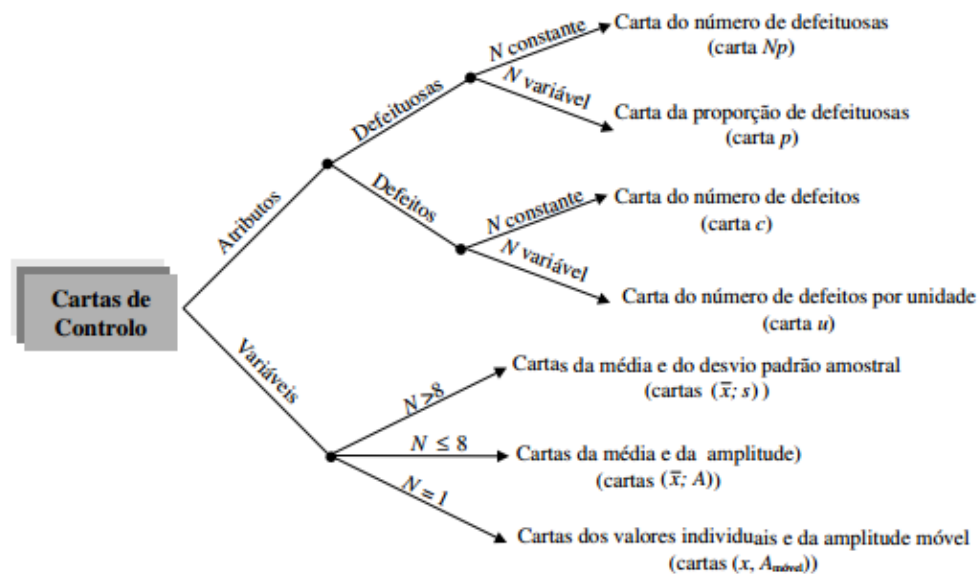


Figura 14: Tipos de Cartas de Controle mais Comuns Fonte: Sarsfield Cabral

Cartas de controle para atributos

As cartas para atributos dizem respeito a variáveis dicotômicas, ou seja aquelas que apenas podem tomar dois valores, como é o caso de termos presente dois tipos de peças: peça defeituosa (se, pelo menos, uma das características não respeita as especificações ela é considerada não conforme) e peça boa, ou de contagens do número de ocorrências de uma única característica (por exemplo, o número de defeitos).

No caso de nos depararmos com casos do tipo número de peças defeituosas, utilizaremos cartas do tipo Np e p (respetivamente). Neste tipo de cartas, existem, então, dois valores possíveis (defeituosa e não defeituosa). No caso em que a dimensão da amostra, N, é constante utiliza-se a carta do tipo Np (número de peças defeituosas). No caso carta do tipo p, que diz respeito à proporção, ou percentagem, de peças defeituosas, pode utilizar-se tanto a dimensão da amostra seja variável como constante. As cartas Np e as cartas p têm por base uma distribuição Binomial (N, p), pois só podem tomar dois valores. A variável “número de peças defeituosas na amostra” segue, então, essa mesma variável.

Este tipo de cartas tem os seguintes objetivos:

- Avaliar a evolução média do número de peças não conforme num dado período;
- Despertar a atenção da gestão para as alterações bruscas no nível da qualidade da produção;
- Identificar os pontos de degradação da qualidade, identificar e corrigir as causas especiais;
- Identificar os pontos para os quais se verificou uma aparente melhoria, quer associada a um abrandar dos métodos de controlo quer devidos a uma alteração dos métodos.

A dimensão da amostra deve ser elevada (entre 50 a 200 valores, no mínimo) para que seja capaz de detetar alterações de desempenho. A carta Np tem a vantagem de ter uma compreensão mais fácil ao nível dos operadores. (Vieira, 2001)

Quanto aos outros dois tipos de cartas de controlo para atributos, as cartas do tipo c e u, são utilizadas quando a variável em consideração consiste no número de ocorrências por unidade de área em análise (quer seja esta por peça ou por qualquer outra unidade). No caso em que esta dimensão da unidade é constante, será utilizada a carta c (número de defeitos). Caso contrário, utiliza-se as cartas u (número de defeitos por unidade). Qualquer situação de não cumprimento é considerada uma não conformidade. Tanto a carta c como a u assumem que a variável número de ocorrências por “área de oportunidade” segue uma distribuição de Poisson. No entanto, as cartas c e u podem ser utilizadas com quaisquer variáveis que se comportem de acordo com a distribuição de Poisson. (Sarsfield Cabral, 2011)

Este tipo de cartas aplica-se em casos em que as não conformidades têm origem ao longo de um processo praticamente contínuo (como é o caso das bolhas de ar no vidro) ou sempre que as não conformidades possam ser constatadas no decorrer de uma só inspeção unitária).

Cartas de controlo para variáveis

As cartas de controlo para variáveis são aquelas que são concebidas a partir de estatísticas que derivam de dados quantitativos contínuos. Por esta razão, neste tipo de cartas dispomos de mais informação do que nas cartas de controlo para atributos. Assim sendo, as cartas de controlo para variáveis constituem ferramentas mais sensíveis, tanto na análise de processos como no acompanhamento do processo. (Sarsfield Cabral, 2011)

As cartas para variáveis são, habitualmente, utilizadas duas a duas, em que numa se analisa um parâmetro que traduz a variabilidade do processo e, na outra, um parâmetro de tendência central.

Este tipo de cartas são frequentemente utilizadas, pois possuem um campo de aplicação muito vasto, dispõem de riqueza de informação e têm custos de análise baixos. Para além disso, é possível reagir em tempo real, devido à sua reação rápida e promovem a dinâmica da melhoria contínua. (Vieira, 2001)

As cartas de médias e desvios padrão recorrem a variáveis contínuas e utilizam-se quando estamos perante a uma amostra com dimensão superior a 8. A finalidade de uma carta deste tipo pode ser diferente em função do nível de desenvolvimento dos processos e dos métodos de controlo, assim como da capacidade dos operadores para produzir os processos.

Quando estas duas cartas são utilizadas em simultâneo, consegue-se detetar alterações na distribuição implícita, quer a nível da tendência central dos dados, como a nível da sua dispersão.

A carta de médias e amplitudes, ao contrário da carta anterior, é preferível quando temos presente uma amostra de dimensão igual ou inferior a 8, pois, nestes casos, a amplitude amostral é um estimador mais eficiente do que, no caso anterior, o desvio padrão amostral. Os pressupostos são comuns aos das cartas das médias e desvios padrão.

As cartas de médias e amplitudes móveis são mais eficazes para detetar pequenas variações no desempenho do processo. (Vieira, 2001)

A amplitude móvel refere-se à diferença absoluta entre valores sucessivos da variável em consideração, daí o termo móvel. Esta permite estimar o desvio padrão da variável em análise. A exigência de normalidade, neste tipo de cartas, é mais forte no que nas cartas anteriores, pelo facto de se tratar de valores individuais.

A fórmula de cálculo dos limites de controlo das cartas de controlo referidas anteriormente estão sucintamente apresentadas na tabela 4. (Vieira, 2001; Montgomery, 2009)

Tabela 4: Limites e especificações dos vários tipos de cartas de controle

Tipos de Cartas		LSC	Valor Central	LIC	Média	Desvio Padrão
Atributos	Carta p	$p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{N}}$	p	$p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{N}}$	P	$\sqrt{\frac{p(1-p)}{N}}$
	Carta np	$Np + 3\sqrt{Np(1-p)}$	Np	$Np - 3\sqrt{Np(1-p)}$	Np	$\sqrt{Np(1-p)}$
	Carta c	$\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$	\bar{c}	$\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$	$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{k}$	$\sqrt{\bar{c}}$
	Carta u	$\bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	\bar{u}	$\bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{\sum_{i=1}^k n}$	$\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$
Variáveis	Carta \bar{X}, s	$\bar{X} \quad \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{S}}{c_4\sqrt{N}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$	\bar{X}	$\bar{X} - \frac{3\bar{S}}{c_4\sqrt{N}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$	$\bar{X} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K X_i$	$\hat{\sigma} = \bar{s} \frac{c_5}{c_4}$
		$S \quad \bar{S} + 3\left(\frac{S\sqrt{1-c_4^2}}{c_4}\right) = B_4\bar{S}$	\bar{S}	$\bar{S} - 3\left(\frac{S\sqrt{1-c_4^2}}{c_4}\right) = B_3\bar{S}$	$\bar{S} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K S_i$	
	Carta \bar{X}, A	$\bar{X} \quad \bar{\bar{x}} + 3\frac{\bar{\bar{A}}}{d_2\sqrt{N}} = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{\bar{A}}$	\bar{X}	$\bar{X} - 3\frac{\bar{\bar{A}}}{d_2\sqrt{N}} = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{\bar{A}}$	$\bar{X} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K X_i$	$\hat{\sigma} = \frac{\bar{A}}{d_2}$
		$A \quad D_2\frac{\bar{\bar{A}}}{d_2} = D_4\bar{\bar{A}}$	$\bar{\bar{A}}$	$D_1\frac{\bar{\bar{A}}}{d_2} = D_3\bar{\bar{A}}$	$\bar{\bar{A}} = \sum_{i=1}^K A_i$	
	Carta $\bar{X}, A_{m\acute{o}vel}$	$\bar{X} \quad \bar{\bar{x}} + 3\frac{\overline{AM}}{d_2\sqrt{N}} = \bar{\bar{x}} + A_2\overline{AM}$	\bar{X}	$\bar{X} - 3\frac{\overline{AM}}{d_2\sqrt{N}} = \bar{\bar{x}} - A_2\overline{AM}$	$\bar{X} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K X_i$	$\hat{\sigma} = \frac{\overline{AM}}{d_2}$
	$A_m \quad D_2\frac{\overline{AM}}{d_2} = D_4\overline{AM}$	\overline{AM}	$D_1\frac{\overline{AM}}{d_2} = D_3\overline{AM}$	$\overline{AM} = \frac{1}{K-1} \sum_{i=2}^K X_{i-1} - x_i $		

Para obter os valores referenciados na tabela 3 ($A_2, A_3, B_3, B_4, D_1, D_2, D_3, D_4$), será necessário consultar a tabela presente no anexo A.

Para Ishikawa, “95% dos problemas podem ser resolvidos com métodos simples de controle da qualidade”, ou seja, recorrendo à aplicação das ferramentas da qualidade. (Lucinda, 2010)

3 Apresentação da situação inicial da empresa

3.1 A Cerveja

A cerveja é uma bebida muito antiga, pois já em 2800 a.C. era produzido um néctar fermentado a partir de um pão de centeio, de onde nasceu a produção da cerveja. (Unicer, 2011; Kunzi, 2004)

É uma parte essencial do negócio para qualquer retalhista e o segredo escondido de todos os cervejeiros, pois muitos fatores podem influenciar a sua cor, cheiro e aroma, e são essas condições que tornam uma cerveja única e apetecível pelo consumidor. Não é segredo que uma boa cerveja deve ser brilhante e apresentar a temperatura e a espuma ideal, mas cada cervejeiro tem que tentar balancear os ingredientes da cerveja, que serão brevemente enunciados, de forma a conseguir a proeza de atingir este produto de qualidade.

3.1.1 *Ingredientes da Cerveja*

Segundo o Manual de Cerveja à Pressão (Unicer, 2011), os principais ingredientes desta bebida são, essencialmente, água, malte, cereais não maltados, lúpulo e levedura. Estes ingredientes serão descritos mais pormenorizadamente em seguida. Estes ingredientes essenciais à produção deste produto estão identificados na figura 15.

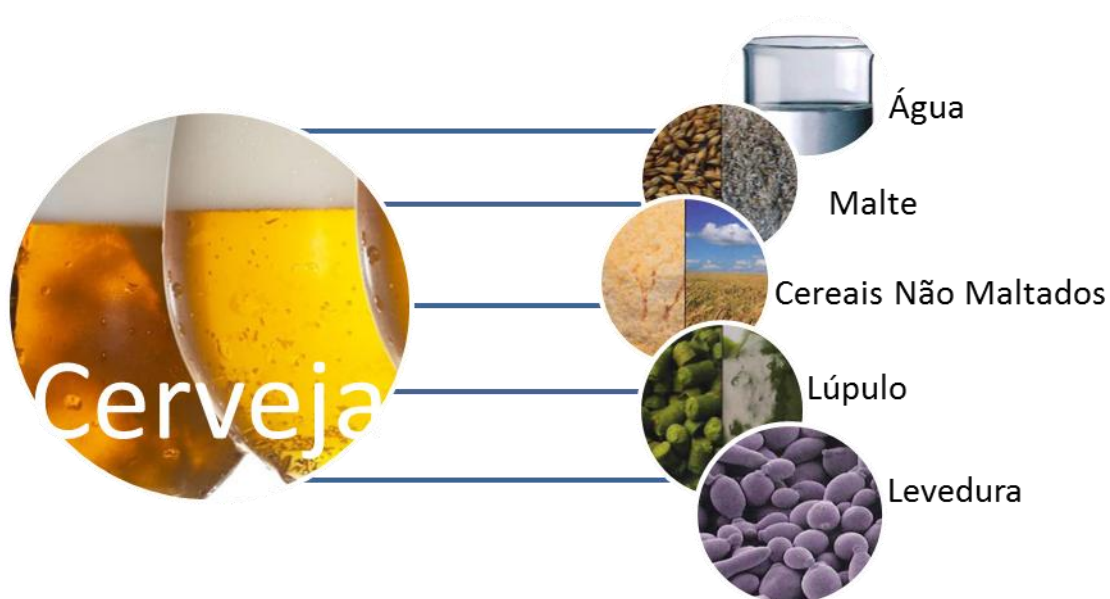


Figura 15: Principais Ingredientes da Cerveja

Água: A maior parte das cervejas contém entre 90 a 95% de água e, por cada litro de cerveja produzida, são necessários 4 a 5 litros de água. Por isso, a qualidade e a composição mineral da água são fundamentais para o cervejeiro. Alguns componentes, tais como o magnésio, sódio, cloretos e sulfatos influenciam as características da cerveja, por isso se tem que ter em atenção a água que é usada na produção, de modo a que estes componentes se mantenham constantes no longo prazo.

Malte: É a principal fonte de extrato e enzimas para a obtenção de açúcares fermentescíveis usados na produção de cerveja. Para além disso, é uma fonte de nutrientes para o crescimento da levedura, de proteínas para a formação da espuma e é o principal responsável pela cor desta bebida. As cascas do malte são também importantes, pois servem como meio de filtração do mosto. Se variarmos as condições da maltagem, conseguimos obter diversos tipos de malte, que são usados na produção de cervejas especiais.

Cereais Não Maltados: Estes cereais são fontes de extrato usados na produção da cerveja. Normalmente são a cevada, o arroz e o griz (de milho ou de trigo). Estes conferem à cerveja uma cor menos intensa e características específicas conforme o cereal escolhido.

Lúpulo: Este ingrediente é utilizado para conferir amargor e aroma, contribui para a formação de uma boa espuma e protege a cerveja contra contaminações microbiológicas. Consoante a quantidade de resinas e de óleos essenciais, o lúpulo apresenta diferentes teores de amargor e diferentes aromas. Para ultrapassar os problemas de armazenagem prolongada, foram desenvolvidos vários produtos extraídos do lúpulo, como pellets, extratos, existindo também produtos modificados para proteção do efeito da luz na cerveja. Neste caso, são usados extractos de lúpulo.

Levedura: A levedura é responsável pela transformação dos açúcares extraídos dos cereais em álcool e dióxido de carbono (o gás da cerveja). Na produção de cerveja podem ser usadas leveduras de fermentação alta ou de fermentação baixa, sendo que a estirpe utilizada influencia o aroma e o sabor do produto final. É um dos segredos mais bem guardado dos cervejeiros.

3.1.2 Processo de Produção da Cerveja

Conforme se pode observar na figura 16, o processo de produção de cerveja inicia-se com a produção do malte, ou seja, a maltagem.

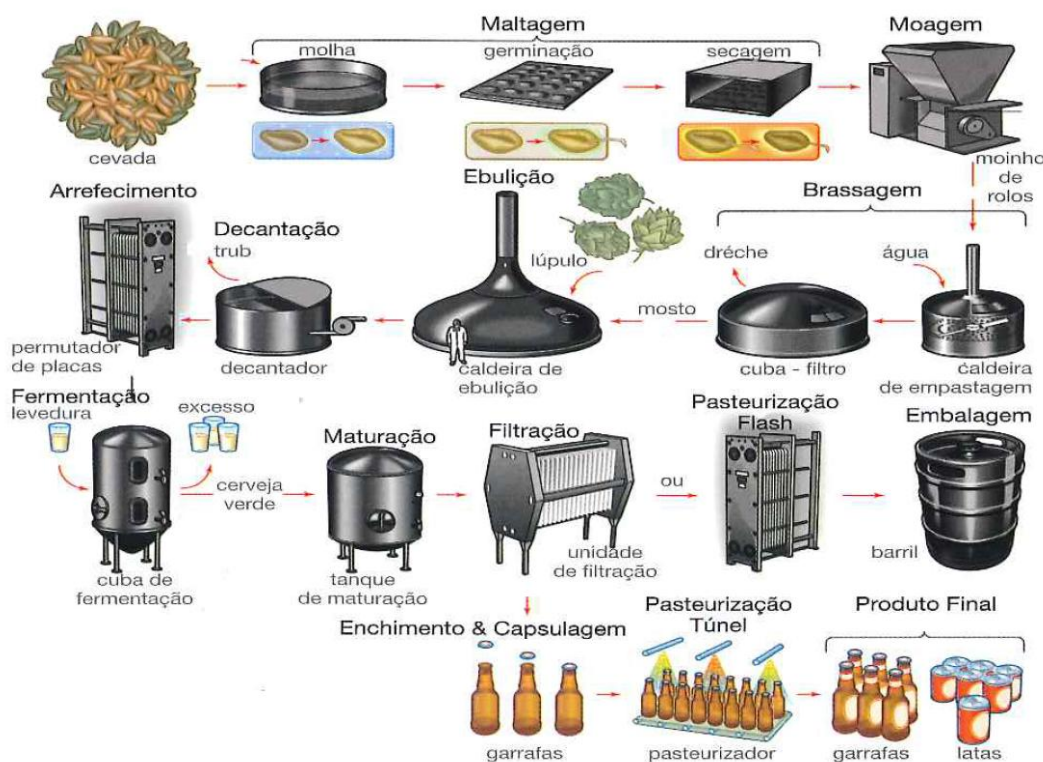


Figura 16: Esquema do Processo de Produção de Cerveja; Fonte: Manual de Cerveja à Pressão, Super Bock

Este é obtido através da sequência de três processos: a molha, a germinação e a secagem. O primeiro, ou seja, a molha, tem por objetivo ativar a germinação do grão. Para tal, a cevada é mergulhada em água (durante cerca de 40 horas) e posta em contato com o ar para respirar. De seguida, o grão é germinado, ou seja, é deixado desenvolver durante cerca de cinco dias, sendo, desta forma, produzidas enzimas que desagregam as paredes celulares, e que, mais tarde (já na produção do mosto), vão ser utilizadas na transformação do amido em açúcares fermentescíveis e das proteínas em aminoácidos. Para obtermos o malte, temos que parar essa germinação do grão, e para tal ocasionaremos a secagem. Esta deve ser feita com cuidado, para que as enzimas do malte sejam inativadas ou destruídas. Para tal, e porque este é submetido a uma elevada temperatura, a subida de temperatura é feita de um modo gradual. O grão (de que já foram liberados os amidos) é, então, armazenado e, posteriormente, enviado para a sala de fabrico, onde será moído. Esta nova etapa é muito importante para garantir o acesso das enzimas do malte ao amido do grão, embora preservando parcialmente as cascas do cereal (sobretudo no caso dos processos por cuba-filtro, pois como já foi referido anteriormente, estas ajudam a filtração do mosto).

Agora que o grão já está moído, irá ser inserido numa caldeira de empastagem, juntamente com água, de modo a que as enzimas do malte transformem o amido e as proteínas, liberado durante a fase de maltagem, em açúcares fermentescíveis e aminoácidos necessários para a fermentação alcoólica e para o metabolismo da levedura. Com o processo de brassagem obtemos um líquido rico em açúcar, a que chamamos mosto. Este é separado da parte

insolúvel através de filtros prensa ou de uma cuba filtro. Antes desta filtração, a temperatura do mosto deve ser aumentada até cerca de 75°C para desativar as enzimas.

Já na caldeira de ebulição, o mosto é fervido, o que garante a sua estabilização (dreche) e esterilização. É nesta fase que o lúpulo é adicionado, que contribui para o amargor, aroma, sabor e compostos para a cerveja. Este processo promove, ainda, a coagulação de proteínas, possibilita a extração e isomerização dos alfa-ácidos (que são os responsáveis pelo amargo) do lúpulo e garante a eliminação de substâncias indesejáveis.

A clarificação dá-se entre a fervura e o arrefecimento do mosto. Nesse momento é colocado numa câmara, juntamente com lúpulo. Este processo promove a separação dos resíduos do mosto antes da fermentação (tal como o lúpulo e as proteínas coaguladas).

Por último, para obter o que chamamos mosto, precisamos de efetuar o arrefecimento desta “pasta”. O mosto deve ser resfriado até atingir temperaturas de início de fermentação, o que corresponde a cerca de 20 a 26°C, antes de ser adicionada a levedura. Ele necessita de ser arejado para satisfazer as necessidades da levedura em oxigénio.

Agora que temos o mosto na condição pretendida, colocamo-lo na cuba de fermentação, onde é adicionada levedura selecionada e a temperaturas controladas e sob condições anaeróbicas. Nestas condições, os hidratos de carbono (açúcares) do mosto são transformados em álcool e em dióxido de carbono. Durante a fermentação são produzidos outros metabólicos que contribuem para o aroma e gosto da cerveja, tais como aldeídos, álcoois superiores e esterres. Nesta altura já se começa a poder chamar ao produto cerveja. Agora, a cerveja será colocada no tanque de maturação, onde permanecerá até findar o período de estacionamento. Neste período estará sob temperaturas adequadas ao processo a fim de eliminar os componentes indesejáveis ao aroma e gosto da cerveja. Nesta altura, a cerveja apresenta um aspeto turvo e presença de substâncias de tamanho muito reduzido, pelo que será necessário passar pela fase de filtração. Esta passará por uma série de filtros (filtro de placas horizontais ou verticais, kieselghur e filtro TRAP) que separarão os sólidos, ainda em suspensão, o que deixará a cerveja clara e brilhante, como a vemos pronta a ser consumida.

Para ser vendida, a cerveja tem de ser inserida num recipiente. A cerveja pode ser acondicionada em barril, sendo previamente pasteurizada ou microfiltrada. Neste caso, a pasteurização é em “flash”. No caso de ser acondicionada em garrafa ou lata, pode utilizar-se: enchimento asséptico, pasteurização “flash”, filtração estéril ou pasteurização túnel (após enchimento).

No caso da Unicer de Leça do Balio, existem linhas de enchimento quer de garrafas quer de barris. No caso do enchimento de garrafas procede-se à pasteurização em túnel e, no caso dos barris, pasteurização “flash”. Na unidade de Santarém utilizam-se latas. O alvo do projeto será apenas o enchimento de garrafas.

3.2 Processo de Engarrafamento

Após a conceção do produto, neste caso a cerveja, esta sofre um processo de engarrafamento para posterior comercialização. Como foi referido anteriormente, a empresa encontra-se em processo de remodelação e renovação das máquinas da linha de enchimento, pelo que urge a validação destes mesmos equipamentos aquando do arranque da mesma.

O *layout* inicial da linha 6, aquando da reformulação da fábrica era o que está representado na figura 17.

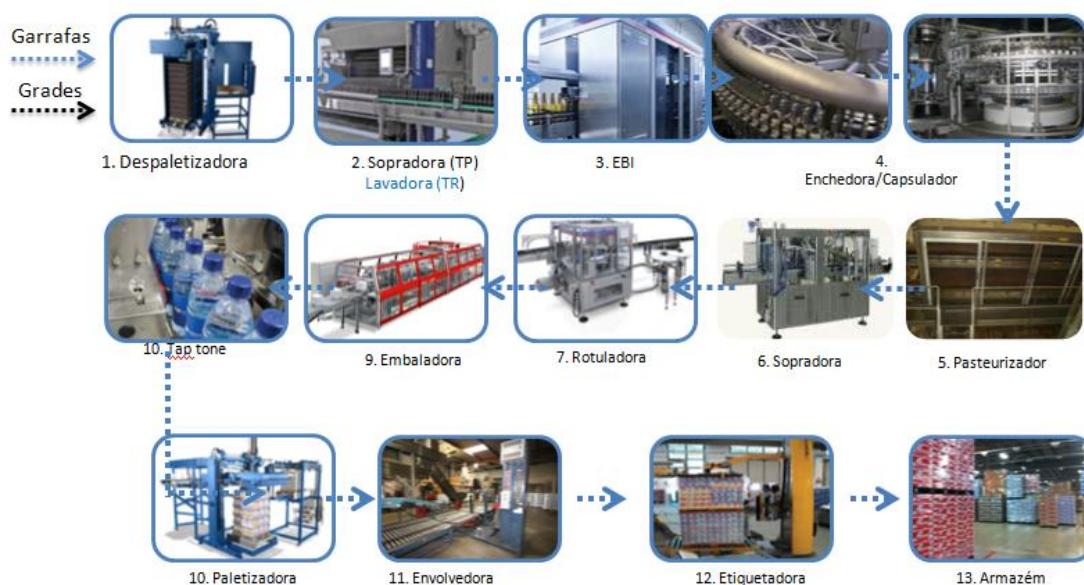


Figura 17: Esquema Inicial da Linha de Enchimento

Atualmente, quanto ao processo de engarrafamento, as garrafas seguem a sequência referenciada na figura 18.

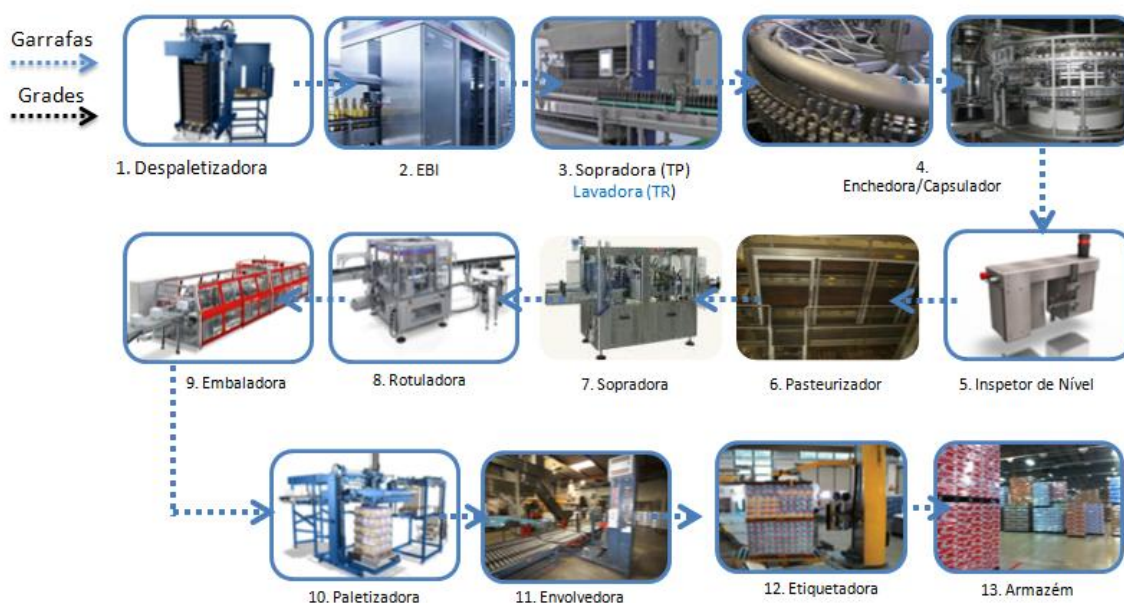


Figura 18: Esquema da Linha de Enchimento

Tanto as garrafas de Tara Perdida (TP) como as de Tara Retornável (TR) entram na linha de engarrafamento e começam por ser despaletizadas (1).

Após a saída da despaletizadora, as garrafas passam por um Inspetor de vazio (EBI), que faz uma seleção das garrafas, rejeitando aquelas que apresentam defeitos nas garrafas, quer por eventuais quebras, quer defeitos do próprio molde da garrafa (2).

De seguida, no caso das garrafas TP, como vêm diretamente da fábrica de vidro, passam pela sopradora, onde são eliminados poeiras ou restos de vidro que possam, eventualmente, existir. No caso das garrafas TR, têm que ser lavadas, (por questões de higiene e por serem devolvidas do mercado sujas interior e exteriormente). Como se trata de uma reutilização da

garrafa o processo tem de ser mais robusto, para garantir que a garrafa está apta para ser utilizada (3).

Assim que as garrafas estão limpas, entram para a enchedora a fim de serem cheias com o produto da empresa. As enchedoras enchem por nível e não volumetricamente. Logo após a cerveja ser inserida no teor da garrafa, é libertada uma gota de água para obrigar a cerveja a “espumar”, e esta é logo capsulada (4). Esta parte é muito importante. A gota de água permite que a garrafa espume e, desta forma, impeça a acumulação de oxigénio. O controlo de oxigénio permite diminuir o risco do crescimento de microbiologia.

Assim que as garrafas estão limpas, entram para a enchedora a fim de serem cheias com o produto da empresa. As enchedoras enchem por nível e não volumetricamente. Logo após a cerveja ser inserida no interior da garrafa é libertada uma gota de água para obrigar a cerveja a “espumar”, e esta é logo capsulada (4).

Logo que são capsuladas, as garrafas passam por um Inspetor de Nível, que rejeita as garrafas que não têm o nível correto. Quer estas estejam acima do nível estabelecido (pois representam um desperdício de produto para a empresa, quer estejam abaixo do legalmente estipulado (5).

Neste momento, a cerveja para estar pronta tem que ser pasteurizada, para eliminar todos os micro-organismos que possam existir ou vir a formar-se, prolongando, desta forma, o prazo de validade da cerveja (6). Neste caso, para as garrafas, a pasteurização dá-se em túneis de dois andares. A título de curiosidade, foi em 1876, que Louis Pasteur publicou estudos sobre a cerveja e recomendou rigor na higiene, para prevenir a propagação de microrganismos prejudiciais. Desenvolveu, além disso, o processo de tratamento térmico que elimina os microrganismos da cerveja que alteram o seu gosto e impedem o seu armazenamento por longos períodos. Este é o processo de pasteurização.

A garrafa é então seca por fora na sopradora, para não ganhar ferrugem entre a cápsula e a garrafa (7) e para poder ser rotulada (8). Para seguir para o mercado, esta é embalada em packs ou caixas (9), organizadas em paletes (10), que são envolvidas por um filme elástico, para conservar as embalagens e as garrafas (11), etiquetadas com o número da paleta e do lote (12) e seguem então para o armazém (13), para posterior comercialização nacional ou internacional.

Por serem mais críticas, as máquinas que são alvo deste projeto são as numeradas de 2 a 6, pelo que serão desenvolvidos métodos de validação para estas máquinas, que serão tidos em conta no arranque das linhas de enchimentos que serão montadas no decorrer do projeto de dissertação.

Esta nova disposição das máquinas traz vantagens relativamente à anterior, pois, como por exemplo, com EBI antes da sopradora, é desnecessário estar a pôr na linha garrafas defeituosas. Assim deteta-se os defeitos na entrada da linha de produção. O facto do inspetor de nível se situar à saída da enchedora, em detrimento de à saída da rotuladora, evita-se estar a pasteurizar, secar e rotular garrafas sem utilidade.

Note-se que na linha 5, o inspetor situa-se na entrada da rotuladora, evitando apenas a rotulagem de garrafas com nível insuficiente.

3.3 O projeto na Empresa

Como foi referido anteriormente, a empresa, com esta reformulação da capacidade da unidade de produção de Leça do Balio, necessitou de obter novas máquinas, de capacidade superior às

antigas. Além disso, foram criadas novas linhas de produção e foi reformulado o *layout* das já existentes.

Com estas alterações, surge a necessidade de validar as máquinas, para que estejam de acordo com as especificações dos fornecedores, assim como acompanhar estes parâmetros ao longo da vida das máquinas.

A Unicer possuía alguns “Métodos de Controlo da Qualidade” (MCQ), para controlar alguns parâmetros. Mas nem todos estavam especificados e era necessário relacionar os parâmetros com as máquinas e escrever métodos que definissem a frequência de análise e que especificasse o que se deveria fazer regularmente para cada máquina. Desta forma, a informação fica mais organizada.

A validação consiste em averiguar se os parâmetros das máquinas estão de acordo com a regulamentação apresentada pelos fornecedores das máquinas, ou seja, se a máquina realiza as operações de acordo com o que estes se comprometem e está estipulado.

EBI

O EBI (ou inspetor de vazio) tem por objetivo rejeitar todas as garrafas defeituosas, evitando desperdícios, pois se está a evitar encher garrafas com defeitos e sujidades.

Para avaliar a deteção dos defeitos deste equipamento, assim como do seu rejeitador, existe uma lista de 19 defeitos tipo. Para tal foram criadas garrafas teste de cada tipo de garrafas, a fim de avaliar a capacidade das máquinas novas. Esta análise poderá ser testada, ainda, ao longo do tempo. O objetivo é que ele funcione 100% das vezes.

Para aprovar o equipamento dever-se-á passar 20 vezes o mesmo defeito pela máquina, averiguando se ele deteta o erro (e se o assinala como o erro pretendido). Caso, no mínimo, uma garrafa não seja rejeitada, temos mais duas tentativas para passar as 20 garrafas, que têm de ser todas rejeitadas. Caso isso não aconteça, terá de se ajustar o equipamento.

Como se pode observar na figura 19, os sensores, que estão na máquina por onde as garrafas passam, conseguem detetar defeitos no fundo, no corpo e na marisa, assinalando no ecrã o local do defeito. Detetam ainda a presença de soda e de substância aquosa, que é assinalada como tal. Imediatamente à saída desta máquina encontra-se um rejeitador, que dá uma pancada nas garrafas defeituosas, de forma a expulsá-las da linha de produção.

No canto inferior esquerdo podemos ver o rejeitador das garrafas a funcionar.



Figura 19: EBI Fonte: Krones

Os defeitos, que são definidos pelos fornecedores do equipamento (Krones) estão explicitados na tabela 5.

Tabela 5: Tabela dos defeitos presentes nas garrafas teste

Número do Defeito	Tipo de Defeito	Descrição
1	Centrado 3x3	Fundo da garrafa
2	Centrado 2x2	
3	Intermédio 3x3	
4	Intermédio 2x2	
5	Lateral 4x4	
6	Lateral 3x3	
7	Fundo 5x5	Corpo da garrafa
8	Fundo 4x4	
9	Corpo 5x5	
10	Corpo 4x4	
11	Gargalo 4x4	Gargalo
12	Gargalo 3x3	
13	Lascado exterior	
14	Lascado Interior	
15	Lascado Topo	
16	1ml soda	Solução química
17	3mm Água	Solução Aquosa
18	Clip	Corpo da Garrafa
19	Celofane	

Sopradora

A sopradora de garrafas (Figura 20) serve para tirar impurezas (pó ou restos de vidros) que se possam encontrar nas garrafas de TP, garantindo que estas chegam ao cliente nas especificações pretendidas.

Para testar tal facto, são utilizadas garrafas teste com vidro, com diversos pesos diferentes. O critério de aceitação será definido no método de validação.



Figura 20: Sopradora

Enchedora

A enchedora de garrafas (Figura 21) deverá ter todos os bicos de enchimento ao mesmo nível, para que todas estas garrafas saiam com o mesmo volume de líquido. Para tal, dever-se-á verificar o volume de líquido à saída do equipamento.



Figura 21: Enchedora

O equipamento possui, ainda, um sistema de alerta que caso alguma garrafa parta enquanto está a ser cheia, os bicos da enchedora (que é a parte da enchedora que entra na garrafa e por onde sai a cerveja) que ladeiam aquele em que a garrafa partiu parem de encher nas duas voltas seguintes (assim como o bico em que a garrafa partiu). Isto evita que entre vidro durante o enchimento.

Capsulador

A capsulagem das garrafas dá-se logo após a espumagem da cerveja (ou seja, imediatamente depois da queda de gota de água para libertação de oxigénio). Com o encerramento das linhas de enchimento de Santarém, esta unidade de produção passa a encher, não só cápsulas coroa, como cápsulas de rosca. Desta forma, a linha de produção nº 6 passa a ter dois capsuladores na linha, um para quase todos os formatos e outro exclusivamente para as garrafas de litro.



Figura 22: Capsulador

Na figura 22, o capsulador da esquerda serve para garrafas com capsula coroa e pull-off, já o da direita capsula garrafas com capsula de rosca.

As cápsulas estão representadas na figura 23. A cápsula da esquerda é a cápsula coroa, a do centro a pull-off e a à direita de rosca.



Figura 23: Capsulador

Nesta etapa é importante que a capsulagem seja efetuada corretamente, caso contrário a garrafa corre o risco de explodir com o aumento da temperatura, o que poderá acontecer no pasteurizador. Desta forma, é importante testar a resistência à pressão interna das garrafas, assim como a estanquicidade (ou seja, a vedação correta das cápsulas).

Para fins de qualidade, é ainda importante verificar se as cápsulas têm certos defeitos visuais, como é o caso do carimbo da carga não estar centrado.

Inspetor de Nível

O inspetor de nível está à saída do capsulador. Este equipamento mede o nível de líquido presente nas garrafas cheias.



Figura 24: Inspetor de Nível

Nesta imagem (figura 24), podemos ver à esquerda o próprio inspetor, onde estão instalados os sensores e o computador onde se pode alterar os parâmetros da máquina e, à direita, o rejeitador das garrafas com o nível incorreto.

Aquando da chegada dos equipamentos à fábrica, programou-se, para todo o tipo de garrafas, três níveis que se pretendiam ser detetados.

Estes níveis são os seguintes:

- Nível Insuficiente – Abaixo do nível de líquido permitido por lei.
- Nível Correto – Nível permitido por lei. Pode ser ligeiramente inferior ao assinalado, mas nunca ser abaixo do permitido.
- Nível Excessivo – Nível de líquido acima do estipulado e que provoca prejuízo à empresa.

A cerveja contida nas garrafas rejeitadas (que estão capsuladas) é enviada para retorno.

Para testar e calibrar este equipamento, são utilizadas garrafas teste com estes três níveis apresentados. As garrafas teste, para fins de durabilidade, têm no seu interior água em vez de cerveja.

Pasteurizador

O túnel de pasteurização (Figura 25) é dedicado a garrafas (ou latas) que já foram cheias e capsuladas.



Figura 25: Pasteurizador

As garrafas são carregadas num extremo do pasteurizador e passadas sob jatos de água à medida que avançam ao longo do transportador. Os *sprays* são dispostos de tal modo, que as garrafas são sujeitas a jatos de água com temperaturas cada vez mais quentes, até que a temperatura de pasteurização da cerveja, que está dentro das garrafas, é atingida. As garrafas

são, então, gradualmente arrefecidas com água, até à saída do pasteurizador. As alterações da temperatura (subidas e descidas) têm de ser feitas em etapas, para evitar que as garrafas quebrem.

A água recircula no pasteurizador, ou seja, a mesma água que é utilizada para o aquecimento das garrafas, é utilizada no processo de arrefecimento. Este processo pode ser mais facilmente apreendido através da observação da figura 26.

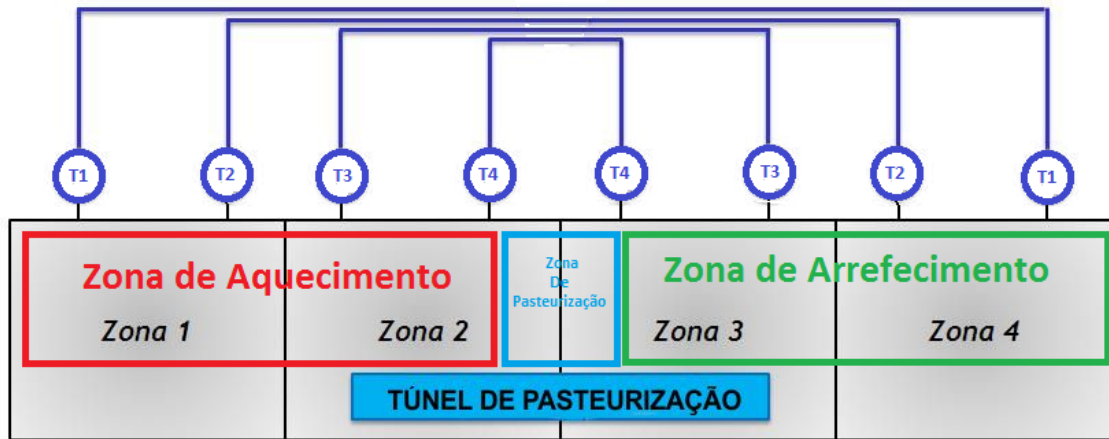


Figura 26: Funcionamento da recirculação de água no pasteurizador

O controlo das UPs, Unidades de Pasteurização, é extremamente preciso porque é baseado na situação de cada produto, em cada uma das zonas. Graças a isso, é assegurado o cumprimento do objetivo de UP, além de garantir que nunca sejam excedidas as temperaturas limite máximas, e assegura-se a eliminação dos microrganismos presentes na cerveja.

A temperatura de pasteurização da cerveja deve rondar os 60°C e cerca de 20 UPs.

4 Solução proposta

Como já foi referido anteriormente, para a validação das novas linhas de produção, é necessário criar métodos de validação. Estes métodos, ainda inexistentes, deverão ser inseridos na base de dados da empresa, para futuras validações.

As máquinas que foram alvo deste projeto, e para as quais foram escritos métodos de validação, são o EBI, a sopradora de garrafas (no caso de se tratar de garrafas de TP), a lavadora (no caso de garrafas de TR), o capsulador, a enchedora, o inspetor de nível e o pasteurizador.

Apesar de ter estado mais presente na implantação da linha 6, uma linha que tem exclusivamente garrafas de tara perdida, estes métodos irão ficar na empresa, pelo que também foi escrito um método para validação da lavadora que se trata de uma máquina presente nas linhas de produção que enchem garrafas de Tara Retornável.

Importa referir que as garrafas de Tara Retornável são aquelas que são reutilizáveis e chegam dos postos de vendas, muitas vezes em más condições, inclusivamente com resíduos de substâncias químicas. As garrafas de Tara Perdida chegam à fábrica diretamente das vidreiras e não são reutilizadas. Vêm sem lixo, mas devem ser sopradas antes da sua utilização, por segurança. Nunca se sabe se estas podem conter restos de vidros no seu interior.

Para todos os equipamentos acima referidos foi necessário avaliar que parâmetros deveriam ser cumpridos para testar se os equipamentos estavam a funcionar corretamente, assim que chegaram à fábrica. É de salientar, que ao longo deste processo, os parâmetros das máquinas foram sendo afinados. Esta afinação estava a cargo dos fornecedores das máquinas (Krones e KHS) que estiveram e estão na fábrica, até as máquinas estarem a funcionar corretamente.

Para determinar o volume da amostra dos vários testes começou-se por analisar os vários níveis de inspeção (em que todos eles fornecem, aproximadamente, a mesma proteção para produtor):

I – Nível de inspeção que corresponde a metade da inspeção de nível II;

II – Inspeção de norma, a mais usual;

III – Nível de Inspeção que corresponde ao dobro da quantidade de inspeção do que o nível II, mas acarreta custos de inspeção mais elevados. Utiliza-se quando queremos um maior nível de inspeção, quando temos um produto que sabemos que geralmente tem uma grande variação ao longo do processo e também quando o nosso produto é de elevado valor. (Besterfield, 1990)

Para a seleção da letra correspondente ao código da amostra, utilizou-se a tabela presente no anexo B.

Escolher um número AQL menor (como 0,01 ou 0,015), significa que estamos a escolher um padrão de qualidade muito rigoroso, permitindo um baixo número de defeitos. Escolhendo um maior número AQL (como 650 ou 1000) significa que estamos a escolher um padrão de qualidade baixo, permitindo a existência de uma maior quantidade de defeitos. Geralmente, é escolhido um AQL menos rigoroso para pequenos defeitos, e um mais rigoroso para grandes defeitos. Segundo a norma ML-STD_105 de 1989, os níveis mais comuns utilizados na verificação de bens de consumo são de 1,5 e 2,5 para grandes defeitos, e 2,5 e 4,0 para pequenos defeitos.

Para a seleção do tamanho da amostra teste, foram consultadas as tabelas presentes no anexo C (Inspeção Normal), D (Inspeção rigorosa) e E (inspeção reduzida).

4.1 Métodos de validação de equipamentos

Quanto à primeira máquina a ser testada, presente na linha de produção, o EBI (ou inspetor de vazio), pretende-se testar se a máquina é capaz de detetar os seguintes defeitos nas garrafas que chegam à linha de produção:

- Defeitos na própria garrafa (marisa quebrada ou bolhas e defeitos no corpo ou fundo da mesma);
- Líquidos residuais;
- Substâncias químicas;
- Objetos transparentes;
- Objetos metálicos.

Por esta razão foram criadas garrafas-teste com 19 tipos de defeitos diferentes, em zonas diferentes da garrafa, tentando simular todo o tipo de defeitos presentes nas garrafas. Este tipo de defeitos foi aprovisionado pela empresa fornecedora da máquina. A empresa garantia que a máquina era capaz de rejeitar garrafas com este conjunto de defeitos (que foi apresentado no capítulo 3, secção 3 deste documento). Desta forma, é necessário averiguar se a máquina se encontra nas condições definidas pelo fornecedor.

De acordo com as normas da Carlsberg, para testar se uma máquina está a funcionar corretamente, dever-se-á passar cada tipo de defeito 20 vezes na máquina, sendo ele rejeitado de todas as vezes. Caso este defeito não seja detetado 20 vezes seguidas, teremos mais 2 tentativas (ou seja passar mais duas vezes, 20 vezes cada garrafa) para que ele seja rejeitado na totalidade das vezes. Caso isto não se verifique, a máquina deverá ser devidamente reparada ou afinada. As máquinas possuem um mostrador que nos indica de que tipo de defeito se trata (se se trata de um defeito no fundo, corpo ou marisa da garrafa, ou ainda, se estamos na presença de substâncias aquosas ou químicas). Desta forma, dever-se-á ter em conta, não só se a máquina é capaz de rejeitar a peça defeituosa, como se está a rejeitá-la pela razão correta.

A dimensão do lote considerado, para esta máquina, será superior a 500.000 unidades.

Este procedimento deverá ser repetido 4 vezes (perfazendo uma amostra de 1520 unidades). O valor tabelado para este nível de confiança será de 1250, para um tipo de inspeção normal. Como este procedimento é crítico, devemos utilizar uma inspeção normal, com nível de inspeção II. O AQL igual a 0.010, pois o método refere que não pretendemos aceitar nenhum defeito (daí a escolha de nível de aceitação muito rigoroso).

Estes dados deverão ser inseridos numa folha Excel. É de realçar que esta validação deverá ser repetida por modelo de garrafa.

Também foi definido um método de validação para a sopradora. Como o objetivo da sopradora será eliminar possíveis vestígios de vidros nas garrafas provenientes da vidreira, o seu objetivo será averiguar se a máquina será capaz de remover vidros com diâmetro superior a 0,5 mm.

O tamanho do lote considerado, para esta máquina, será superior a 500.000 unidades.

Este equipamento não é muito crítico, pois as garrafas vêm das vidreiras novas e são previamente sopradas e vedadas antes do seu transporte para os clientes, neste caso a Unicer. A probabilidade de existirem vidros dentro da garrafa é muito reduzida, pelo que a sopradora tem o fim de eliminar só possíveis poeiras que residam dentro das garrafas. Este método, por ser o menos crítico, e pelos prazos serem apertados não chesou a ser efetuado. No entanto, foram feitas garrafas-teste para este método, dos vários formatos existentes no mercado.

Para testar o funcionamento da eficácia desta máquina, dever-se-á colocar na lavadora 1250 garrafas (Nível de inspeção II para uma inspeção normal), se quisermos obter os resultados com 99,9% de confiança. No momento em que se testa este equipamento, a linha não deverá estar em funcionamento, pois pretende-se testar a eficácia do método.

Como existem 4 tipos de pesos diferentes de vidros inseridos nas garrafas, dever-se-á colocar uma amostra de 1252 unidades para cada peso diferente de vidro ter o mesmo número de amostras.

Os diferentes pesos de vidro nas garrafas são os seguintes:

1. Garrafas com 1g de vidro
2. Garrafas com 3g de vidro;
3. Garrafas com 5g de vidro;
4. Garrafas com 10g de vidro.

Os resíduos de vidro contidos nas garrafas devem estar devidamente limpos e desengordurados, simulando os vidros presentes numa fábrica de vidro.

É importante registar a velocidade do ensaio, a pressão do ar, o estado dos filtros, o estado das coberturas e outras observações que possam ter influência no ensaio.

No final, pretende-se testar que quantidade de vidro ficou contida nas garrafas teste, tendo em conta o peso de vidro que a garrafa teste tinha inicialmente. É por esta razão que as garrafas-teste devem ter o peso devidamente referenciado na garrafa durante o teste. Na tabela 6 está representada a quantidade total de vidro por tipo de garrafas teste. É a partir desta tabela que se define a aceitabilidade.

Tabela 6: Teste de aceitabilidade da sopradora

Grupo	Peso inicial de vidro (em g)	Nº de garrafas	Limite de Aceitabilidade (em mg)
1	1	313	<313
2	3	313	<939
3	5	313	<1565
4	10	313	<3130
Total	19	1252	<5947

Para o teste ser aceite, nenhum dos grupos de amostras poderá exceder os limites em 100%, apenas um grupo podendo exceder o limite e o total de vidro residual deve ser inferior em 0,1% de total de vidro.

O objetivo do método de validação da lavadora é semelhante ao da sopradora, visto que pretende garantir que as garrafas TR que saem deste equipamento estão nas seguintes condições:

- Não contêm rótulos ou partes restantes dos rótulos;
- Ausência de resíduos de produtos químicos ou desinfetantes;
- Apenas contêm uma pequena quantidade de água residual (com um valor de PH neutro);
- Não têm precipitações cristalinas dentro ou fora das mesmas;
- Limpa e brilhante.

O tamanho do lote considerado, para esta máquina, será superior a 50.000 unidades.

Como não se trata de uma inspeção tão crítica, a dimensão desta amostra também será correspondente a um nível de inspeção II, para uma inspeção reduzida, ou seja, 500 unidades. Como temos 3 tipos de garrafas teste, a dimensão da amostra será de 1500 unidades, ou seja, 500 garrafas de cada tipo de defeito.

Os três tipos de garrafas teste, que tentam representar o pior cenário possível em que se pode encontrar uma garrafa serão:

1. Rótulos e papéis dentro da garrafa;
2. Garrafas sujas com mais de 3 meses de parque vasilhame;
3. Garrafa com bio filme (misturar levedura com 10 ml de mosto dentro da garrafa e agitá-la durante um mês, dentro da garrafa deitada e aberta).

Estas garrafas serão todas colocadas na lavadora e analisadas no fim. A análise da remoção de papéis e sujidade será visual. No que diz respeito ao pH, deverão ser colocadas fitas de pH dentro das garrafas para averiguar se o pH do líquido residual presente nas garrafas é neutro.

Para o teste ser aceite, usando um ACQ de 1.5, o número de aceitação do teste é de 10 garrafas não conformes. No entanto, o número de rejeição é 13. Se menos do que 13 garrafas não cumprirem os requisitos, então deve-se aceitar o lote. No caso da enchedora, o objetivo deste teste é garantir:

- Que o volume de líquido por cada bico é constante e dentro do nível correto;
- O nível do oxigénio total nas garrafas;
- Que quando uma garrafa parte os bicos adjacentes deixam de encher;
- Indicação de perda de bico.

O tamanho do lote considerado, para esta máquina, será superior a 500.000 unidades.

Para garantir os dois últimos pontos descritos, deverá ser utilizado um programa de simulação que este equipamento possui. Considerando um nível de inspeção I, e uma inspeção reduzida, este programa de simulação deverá ser acionado 125 vezes.

Para averiguar se o volume de líquido de todos os bicos é semelhante, retirar 10 vezes, o número de amostras correspondente ao número de bicos da enchedora em questão. De seguida, analisar se as médias e os desvios padrão das amostras de cada dos bicos em questão são equivalentes. O volume de líquido dos bicos deverá estar entre os valores admissíveis para a capacidade de uma determinada garrafa.

Para controlo mensal, retirar diariamente e duas vezes por turno, 5 amostras aleatórias e, no final do mês, averiguar se o processo está em controlo. Para tal, utilizar a folha de Excel que foi desenvolvida, que calcula as cartas de controlo das médias e das amplitudes, assim como os valores do c_p e do c_{pk} .

A folha Excel desenvolvida é abaixo apresentada, na figura 27.

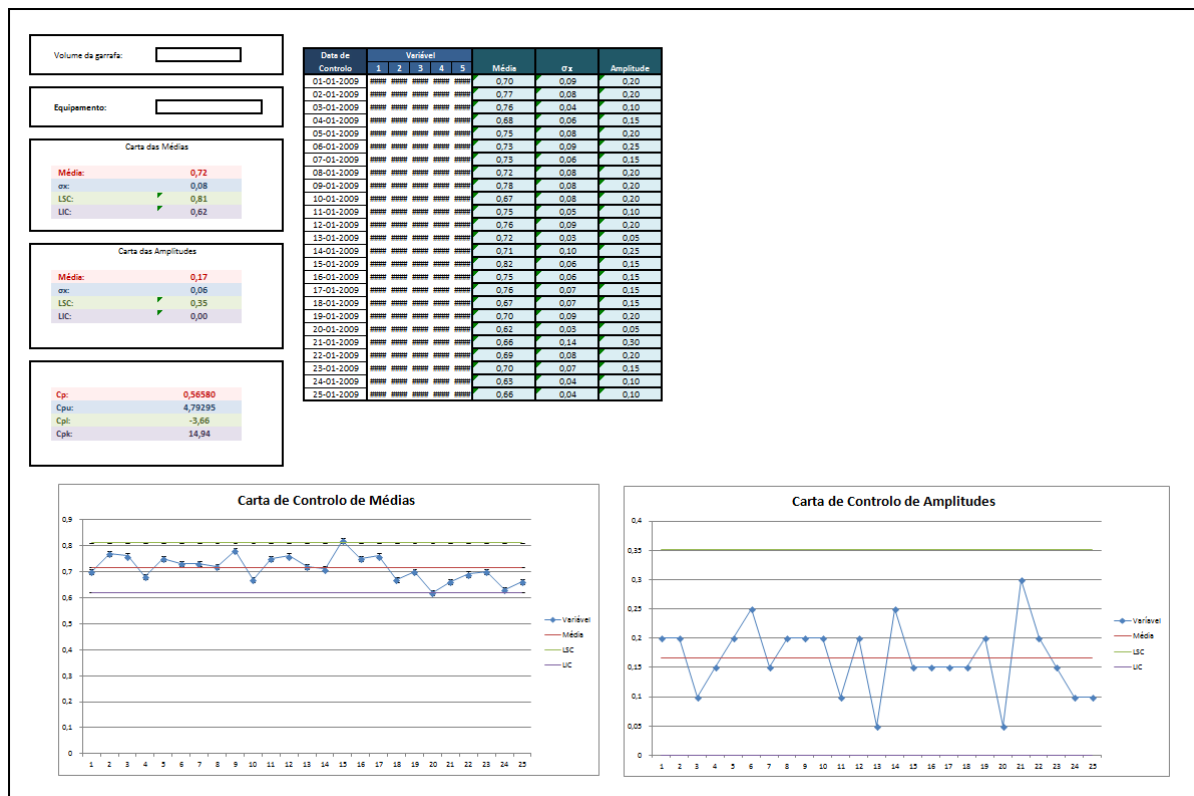


Figura 27: Folha de Excel para o controlo estatístico do volume de líquido

Para analisar o nível de oxigénio, retirar 1250 amostras independentes à saída da enchedora e verificar se em todas as garrafas o oxigénio se situa abaixo ou igual ao valor 200 ppb. Utilizando um AQL de 0.010, para o teste ser aceite, nenhuma amostra pode ter o oxigénio acima de 200 ppb.

No caso do capsulador, pretende-se, com este método, garantir:

- A estanquicidade líquida e gasosa das cápsulas, sob diferentes condições térmicas e mecânicas;
- O controlo visual das cápsulas;
- Pressão interna que a garrafa aguenta até a cápsula ceder.

O tamanho do lote considerado, para esta máquina, será superior a 500.000 unidades.

Para analisar a estanquicidade, retirar o número de garrafas equivalente a um total de 500 garrafas, após a capsulagem e antes do pasteurizador. Identificar as garrafas com o número da cabeça do capsulador. Realizar o ensaio de estanquicidade das garrafas, e caso o ensaio não tenha sucesso, verificar se a falha se verifica na mesma cabeça do capsulador. Se isso se verificar, pode ser necessário calibrar ou mudar a cabeça. Para aceitar este teste, apenas 10 garrafas podem falhar o teste (AQL de 1.5). Neste teste é considerado o nível de inspeção II e uma inspeção reduzida.

Retirar 500 amostras (nível de inspeção II e inspeção reduzida) e aplicar o método para controlo visual das cápsulas, onde está definido o tipo de defeitos que podem estar presentes nas cápsulas e medição do diâmetro.

Após medição, dever-se-á colocar as garrafas, numeradas, numa grade dentro do pasteurizador e voltar a medir o diâmetro após pasteurização.

Com o aumento da temperatura, o metal pode dilatar, aumentando o diâmetro da cápsula. Desta forma, pretende-se testar se, após pasteurização, ainda se encontra dentro dos limites estabelecidos por lei.

Para um AQL de 1.5, apenas 10 destas amostras podem conter defeitos.

Analisar os dados, através da carta Np. Para controlo do processo, após validação, retirar 5 amostras diariamente e inserir na folha de cálculo apropriada para este processo.

O procedimento a adotar será observar as cápsulas, uma a uma, separando as cápsulas com defeitos das sem defeitos e agrupá-las segundo o tipo de defeitos presente no método de análise correspondente. De seguida classificar esses defeitos como crítico, maior e menor. A criticidade dos defeitos está descrita num método de controlo da qualidade da empresa em questão, que está referenciado no método.

Quanto ao ensaio à pressão interna das garrafas, retirar 500 (corresponde ao nível de inspeção II e a uma inspeção reduzida) amostras e submeter a garrafa uma pressão crescente até 10 bar. Se a garrafa aguentar uma pressão superior a 6 bar sem borbulhar, então será aceite.

Para o teste ser aceite com um AQL de 1.5, pelo menos 490 das 500 garrafas devem aguentar uma pressão superior a 6 bar. Este valor estipulado deve-se ao facto de muitas garrafas, durante o transporte, estarem submetidas a temperaturas muito elevadas. Se não aguentarem uma pressão de 6 bar, então as garrafas correm o risco de rebentar durante o seu transporte.

No caso do inspetor de nível, o seu objetivo é verificar se a máquina é capaz de rejeitar as garrafas com volume de líquido inferior ao legislado ou superior ao especificado.

Para tal, como já foi referido no capítulo 3 do presente relatório, foram criadas garrafas-teste (para cada tipo de garrafa) com três níveis, com diferentes volumes:

- Nível Insuficiente: Nível de líquido abaixo do nível mínimo legislado.

- Nível correto: Nível de líquido aconselhado.
- Nível excessivo: Nível superior ao definido pela UNICER.

O nível de líquido excessivo foi definido pela UNICER como aquele que representa desperdício de produto para a empresa. Como tal, estas garrafas serão rejeitadas e enviadas para retorno. Na figura 28 estão representados estes níveis de volume de líquido.



Figura 28: Tipos de garrafas teste do Inspetor de Nível

O tamanho do lote considerado, para esta máquina, será superior a 500.000 unidades.

Para validar o equipamento referido anteriormente, dever-se-á passar cada garrafa 315 vezes pelo inspetor de nível (foi escolhido o nível de inspeção I para uma inspeção normal), integrando um total de 945 passagens. Quanto à garrafa de nível insuficiente, esta deverá ser passada 1250 vezes, pois este tipo de garrafa não pode mesmo ir para o mercado com um volume de líquido incorreto (nível de inspeção II para uma inspeção reduzida).

Para um AQL de 1.5, cada tipo de garrafa só poderá não ser rejeitada, no máximo, dez vezes. Caso contrário, o equipamento terá de ser calibrado, no caso de garrafas com nível incorreto (nível insuficiente e excessivo). Quanto ao nível correto, o processo é ao contrário, pois estas garrafas não devem ser rejeitadas. No máximo, para o equipamento ser aceite, estas garrafas podem ser rejeitadas no máximo dez vezes. No caso da garrafa com nível insuficiente, consideramos um AQL de 0.010, portanto, para o equipamento estar validado esta garrafa tem de ser rejeitada as 1250 vezes.

O método de validação do pasteurizador, tem como objetivo controlar as temperaturas e as UP existentes em cada zona de pasteurização e a temperatura à saída do túnel de pasteurização.

Pretende-se, ainda, verificar, caso exista mais do que um piso de pasteurização, se a temperatura de pasteurização e as PU são idênticas nos diferentes pisos, dentro da mesma secção. Para se perceber melhor esta divisão das zonas de pasteurização dever-se-á observar a figura 29 deste documento.



Figura 29: Zonas do Pasteurizador definidas no método de validação

Existe um equipamento que, quando colocado dentro da garrafa, calcula as temperaturas dentro do pasteurizador durante o processo de pasteurização, assim como as unidades de pasteurização.

A pasteurização define o prazo de validade da cerveja, portanto convém que este processo seja efetuado corretamente.

Pretende-se averiguar se as UPs e as temperaturas de saída variam de zona para zona, dentro do mesmo piso, assim como de um piso para outro. A pasteurização de cerveja é feita com chuveiros de água, portanto é normal haver variabilidade. O piso inferior ainda recebe água libertada pelo piso superior.

Para validar este equipamento, devido à sua reduzida disponibilidade e pelo facto de não ser uma máquina nova, consideraremos um nível de inspeção II e uma inspeção reduzida, ou seja, 84 unidades em cada zona, o que perfaz um total de 504 garrafas.

Para este equipamento ser validado, as UPs deverão estar acima de 20 UPs e a temperatura de pasteurização acima de 60°C. As temperaturas de saída devem rondar os 30°C.

Depois do equipamento estar validado, dever-se-á repetir este procedimento 3 vezes por dia, de uma zona aleatória, para controlar o processo. Para este controlo, também se poderá utilizar a folha de Excel desenvolvida e representada na figura 27.

4.2 Análise de dados

Devido aos prazos de realização do projeto e, pelo facto, das máquinas já terem chegado à fábrica cerca de dois meses depois do início do projeto, não foi possível retirar a quantidade de dados pretendida, nem foi possível encontrar os processos em controlo.

Atualmente, as máquinas ainda estão em fase de afinação dos parâmetros, pelo que o processo não é possível estar em controlo. De qualquer forma, serão analisados dados recolhidos durante este processo.

Quanto ao volume de líquido, serão apresentadas cartas de controlo das médias e desvios padrão. O facto de se apresentar estas cartas em detrimento das cartas de médias e amplitudes, deve-se a se ter retirado amostras de 5 de cada vez e se ter anotado, apenas as médias e os desvios padrão das mesmas.

A dimensão desta amostra é de 55 unidades (11 amostras de 5 unidades de cada vez).

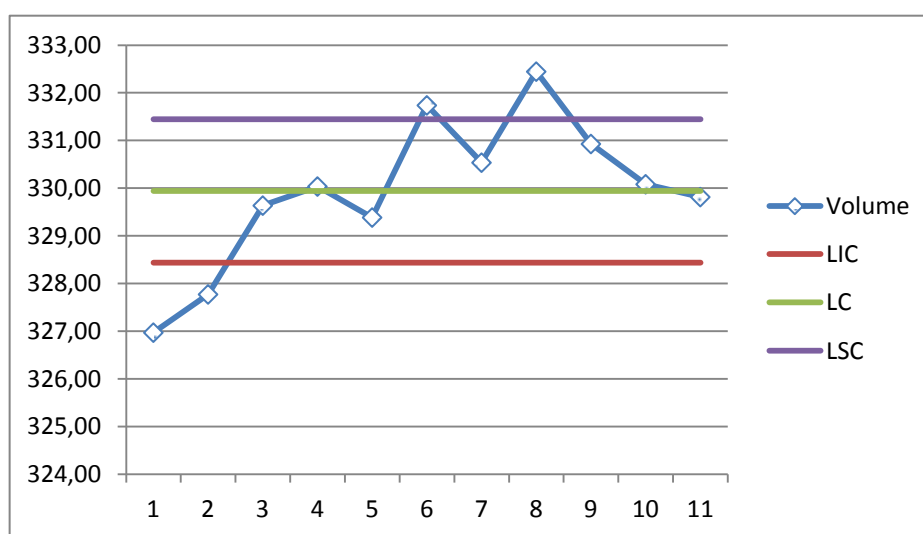


Figura 30: Carta das médias da Carlsberg 33cl

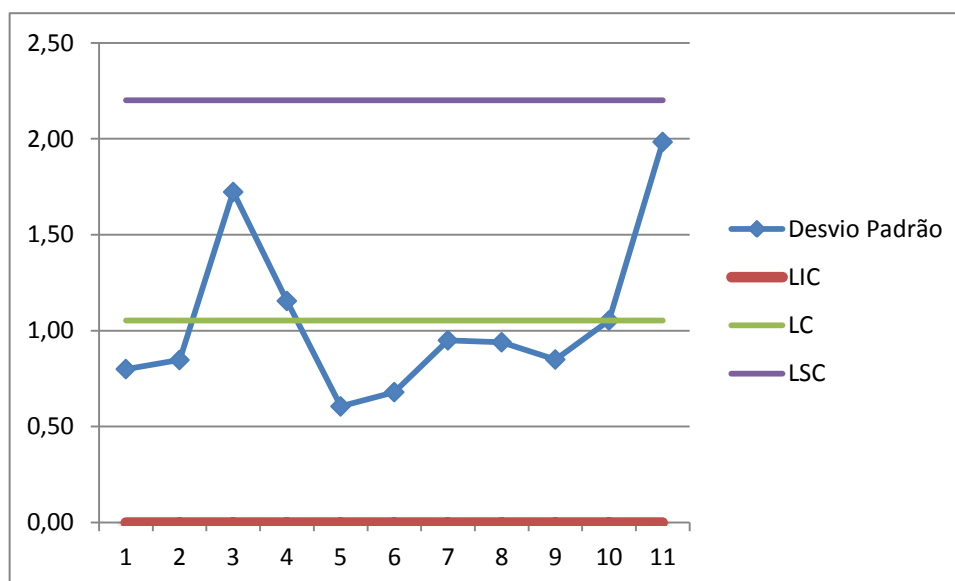


Figura 31: Carta dos desvios padrão da Carlsberg 33cl

Após a análise da carta das médias na Figura 30, podemos verificar que o limite central se situa nos 330 cl, que corresponde ao valor exato do volume da garrafa pretendido.

Esta carta, apesar de apresentar os valores fora dos limites de controlo, o que indica uma situação de descontrolo, para a Unicer o limite máximo que esta garrafa pode ter é de 336 cl e o limite mínimo comercializado e definido por lei, na diretiva do conselho de 19 de Janeiro de 1974 relativa à aproximação das legislações dos Estados-membros respeitantes às garrafas utilizadas como recipientes de mediada, é de 2% do valor estipulado, ou seja, 323 cl. No entanto, é proibido tirar proveito sistemático das tolerâncias, ou seja, produzir propositadamente no limite inferior.

No que diz respeito aos pontos que dão a indicação de descontrolo, a sua eliminação deve ser efetuada com critério. A regra é a de eliminar apenas as observações para as quais forem claramente identificadas e isoladas as causas assinaláveis que justificam este descontrolo. Desejavelmente todas essas causas de variação devem ser eliminadas antes que a carta de controlo seja posta ao serviço. Se assim não se proceder, irão aparecer no futuro pontos fora dos limites a que não se saberá dar resposta. (Sarsfield Cabral, 2011)

Neste caso, os dados não foram retirados de forma coesa e sob os mesmos parâmetros, pelo que não tem sentido proceder a essa análise.

O tamanho da amostra também é pequeno para a realização deste tipo de cartas. É de salientar que estes valores foram tirados com parâmetros diferentes. À medida que se foram tirando amostras, foi-se registando a velocidade to tapete da linha e foi-se alterando outros parâmetros da máquina, pois o objetivo era atingir uma velocidade mais alta, para ter uma produção mais elevada. A velocidade inicial do teste era 25.000 garrafas/h. A velocidade mais alta que foi testada foi 40.000 garrafas/h, com um volume de 330,54.

Neste caso os 6 primeiros pontos correspondem a amostras que foram tiradas à mesma velocidade (25.000 garrafas/hora), mas com ajustes diferentes.

Se analisarmos as duas cartas em simultâneo (figura 30 e 31), para esta velocidade, o ponto 4 é o que mais se aproxima do valor central, tanto na carta das médias como na dos desvios padrão. No entanto, o ponto 5, apesar de se situar abaixo do volume pretendido, verifica-se que a dispersão dos resultados é mais pequena.

Quanto à carta das médias da SB 50 cl (figura 32), a amostra é de 75 unidades, no entanto a LC não se situa no valor correspondente à suposta capacidade da máquina. Também, neste caso, as amostras foram retiradas com parâmetros diferentes, pelo que não são dados fidedignos. Os quatro últimos pontos foram retirados à velocidade mais alta, de 35000 garrafas teste. Nas primeiras análises a média do volume era 498, mas com os ajustes feitos na máquina, o volume foi-se aproximando da linha central. Contudo, o objetivo será 500 ml, pelo que os ajustes feitos para o último e o antepenúltimo ponto são os mais indicados.

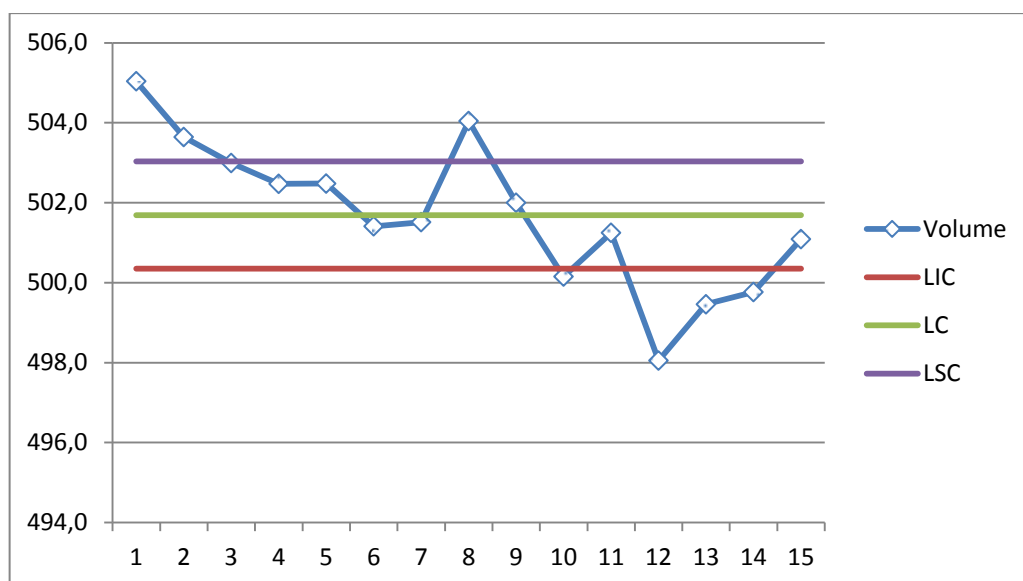


Figura 32: Carta das médias da Super Bock 50cl

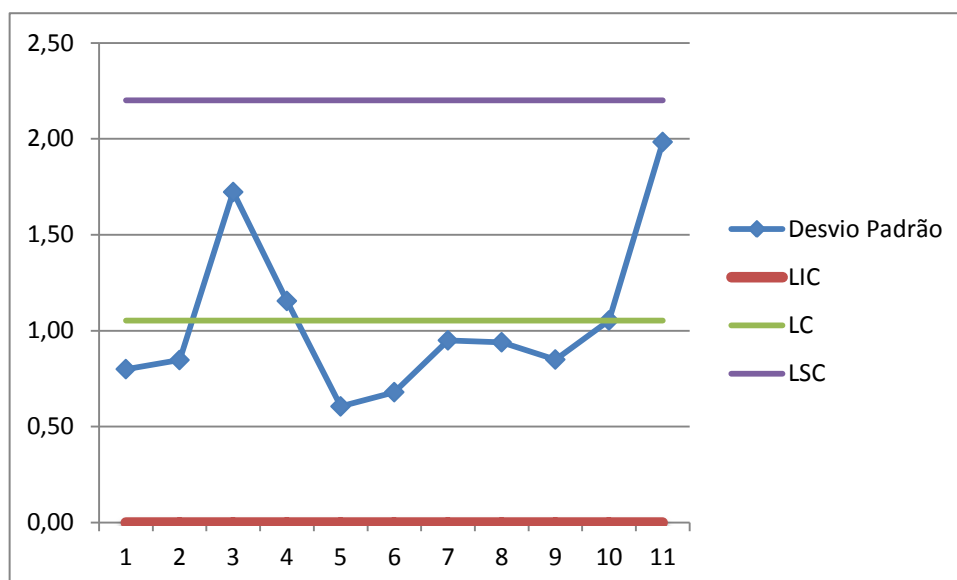


Figura 33: Carta dos desvios padrão da Super Bock 50cl

Se aliarmos a carta dos desvios padrão à carta das médias (figura 32 e 33), verificamos que a dispersão entre os valores do último ponto também é superior à dispersão do penúltimo e do antepenúltimo ponto.

No que toca ao volume legal, o intervalo em que o volume destas garrafas pode estar é entre 490 e 510 cl.

Como já foi referido, estes valores não estão numa situação de controlo, porque o processo é muito recente e ainda está a sofrer os ajustes necessários.

Para a enchedora ser validada, outro dos critérios utilizados é que o oxigénio contido nas garrafas deve ser inferior a 200 ppb. Como se pode verificar no histograma da figura 34, tal não aconteceu. No entanto, nos casos em que o oxigénio nas garrafas estava acima de 200 ppb, mediu-se o oxigénio da cerveja que se encontra nas tubagens que transportam a cerveja para a linha de produção. Nestes casos, verificou-se que o oxigénio também estava alto, pelo

que o problema não era da enchedora, mas da cerveja que entre o caminho da adega até à linha, tinha um acréscimo de oxigénio.

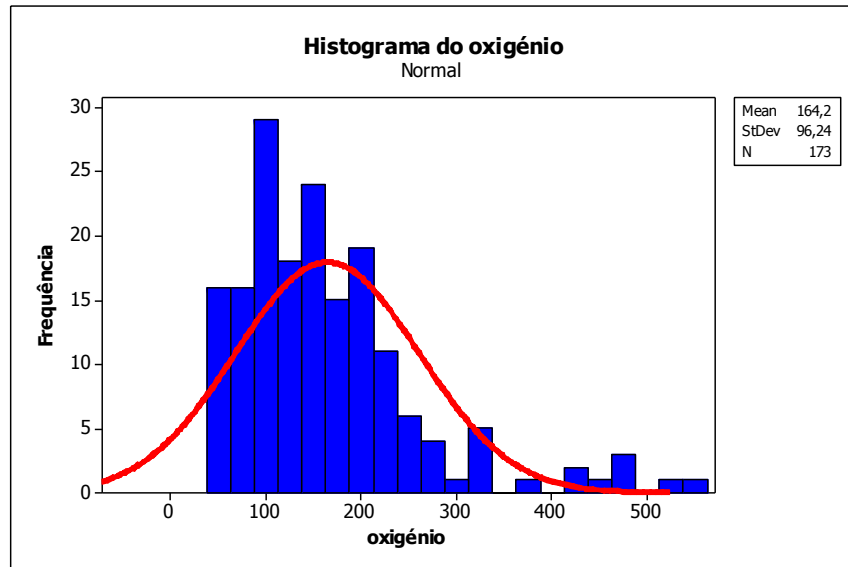


Figura 34: Histograma do oxigénio total das garrafas

Quanto ao diâmetro das cápsulas, podemos analisar a diferença de diâmetros antes e depois da passagem pelo pasteurizador. Apesar da dimensão da amostra “diâmetro antes do pasteurizador” ser superior à amostra “depois do pasteurizador”, a distribuição dos diâmetros parece ser semelhante. No entanto, para esta análise ser mais correta os dados deviam estar correlacionados, ou seja, as mesmas garrafas em que se mediu o diâmetro das cápsulas antes do pasteurizador, deveriam ter sido voltadas a ser medidas após a sua passagem por este equipamento.

Tal não foi possível, mas sugere-se que esta análise seja efetuada quando possível.

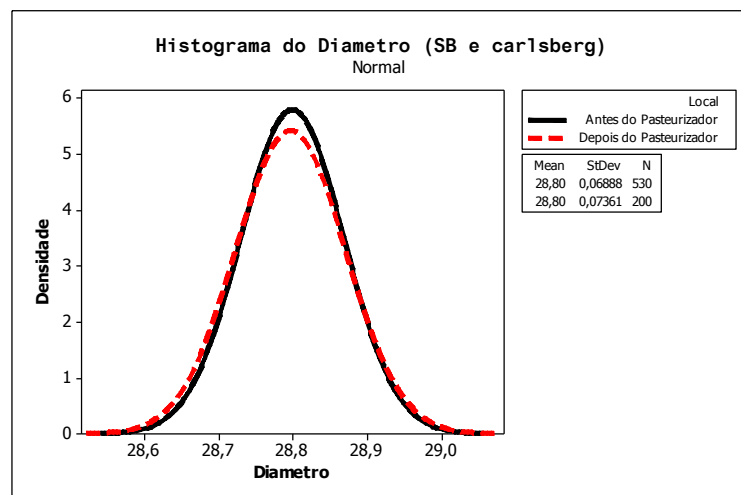


Figura 35: Curva de normalidade do diâmetro das cápsulas

No entanto, os valores dos diâmetros das garrafas estão entre os valores estabelecidos, como se pode observar a partir da figura 35. O valor mínimo (28,4 mm) é o valor mínimo que a cápsula deve tomar, pois caso seja inferior, corre o risco de partir a garrafa. O valor máximo deverá ser 29 mm, pois acima disto poderá não vedar bem a garrafa.

No anexo F podemos observar os histogramas dos diâmetros das garrafas de SB 33cl e Carlsberg 33cl, em separado.

Quanto à pressão interna, nunca houve nenhuma garrafa com uma resistência à pressão interna inferior a 6 bar. Os valores obtidos foram sempre acima de 7 bar, pelo que sugere que a capsulagem foi bem efetuada. Podemos tirar esta conclusão a partir da análise do histograma da pressão interna das garrafas de SB 33 cl, figura 36.

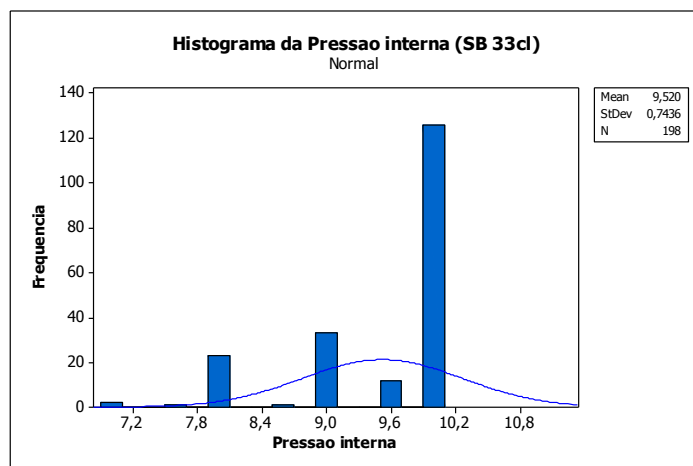


Figura 36: Histograma da pressão interna das garrafas de SB 33 cl

Observando as cartas de controlo das UPs (figura 37), decorrentes da pasteurização de cerveja, aparentemente parece que o processo está praticamente em controlo, tirando o último ponto em que uma das unidades da amostra faz com que o ponto saia fora dos limites. Importa referir que os dados são agrupados por amostras de cinco unidades.

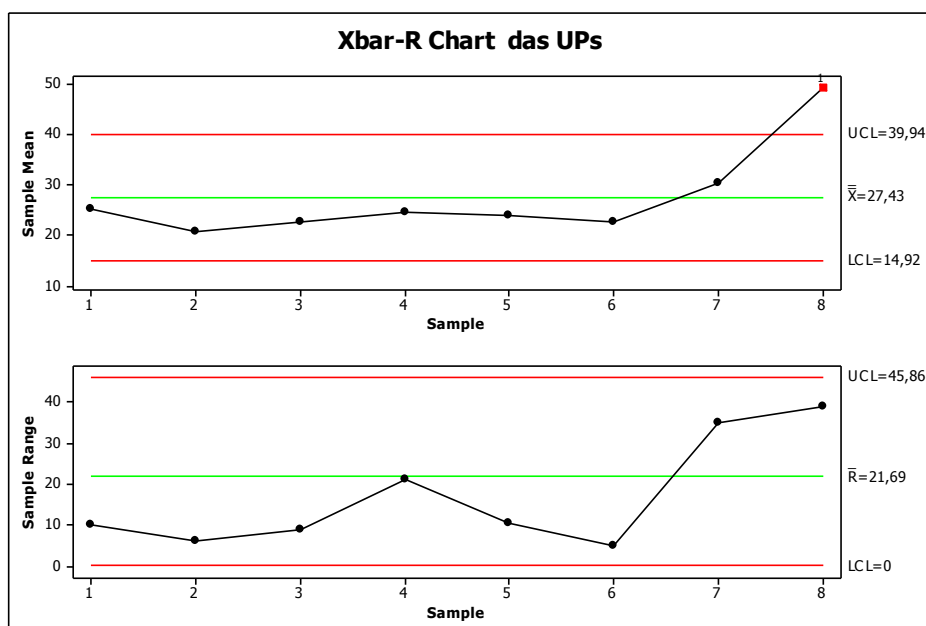


Figura 37: Cartas de controlo das médias e amplitude das UPs

No entanto estes limites não são reais. Apesar da amostra só ser de 40 unidades, podemos reparar, ao analisar a figura 38, que alguns valores estão muito acima das 20/30 UPs.

Este facto deve-se às circunstâncias em que as amostras foram tiradas. Estas amostras foram tiradas nas fases de teste. Apesar do pasteurizador ser um equipamento antigo, a linha sofreu paragens por parte de outros equipamentos. Ou pelo facto dos tapetes estarem inclinados e as garrafas empancarem nas linhas, ou por erros de montagem. Isto fez com que as garrafas ficassem muito mais tempo na zona de pasteurização do que o que era suposto, e

consequentemente, as Ups dispararam. Caso isso aconteça, dever-se-á excluir esses dados da análise.

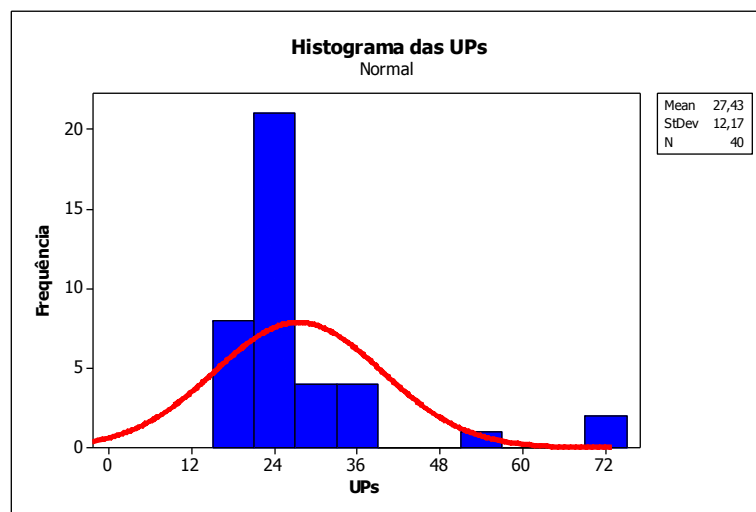


Figura 38: Histograma das UPs

5 Conclusões e trabalhos futuros

No contexto da crise atual, em que os mercados se tornam cada vez mais competitivos, por vezes é necessário a reformulação e renovação dos equipamentos que se encontram obsoletos. Neste sentido, o desenvolvimento deste tipo de métodos, que pretendem testar o funcionamento dos novos equipamentos são essenciais no contexto atual. Estes métodos também deverão ser usados ao longo do tempo, para testar se estes equipamentos continuam a cumprir os requisitos a que se comprometem. Este projeto foi pioneiro, pois nunca se tinha feito este tipo de documentos na história da empresa.

Estes métodos têm a vantagem de ser usados nas máquinas de todas as linhas de produção presentes na fábrica, ou adquiridas futuramente. Devido ao seu caráter generalista, podemos aplicar a todos os equipamentos, mesmo que ligeiramente diferentes dos atuais.

Com esta análise, encontraremos clientes mais satisfeitos, devido à redução de defeitos nos produtos e, consequentemente, a diminuição de reclamações de produto feitos à empresa em questão.

De todos estes equipamentos, os mais críticos serão a enchedora, que tem mais parâmetros a ser validados e que é mais crítica para a garantia do estado do produto, a cerveja, e o pasteurizador, que garante a validade do produto. Quanto ao pasteurizador, tem que se ter atenção às paragens nas linhas de produção. No arranque das linhas aconteceu, por muitas vezes, que a linha parasse por falha de várias máquinas diferentes. Isso fez com que as garrafas estivessem mais tempo na zona de pasteurização e, consequentemente, as UPs disparassem. No entanto, no normal funcionamento das linhas de produção, não se prevê que tal aconteça, caso contrário o produto deve ser rejeitado.

Dado ao curto espaço de tempo que a empresa tinha para a conclusão do projeto, não foi possível reunir dados suficientes para a análise dos mesmos, pois a amostra não representa a população total. Desta forma, a análise de dados efetuada não poderá ser considerada fidedigna. Para considerar essa análise como certa, deveríamos ter, no mínimo, 25 grupos, mas tal não se verificou. Esta situação deverá ser controlada futuramente, para garantir que a linha faz produtos conformes.

O objetivo deste projeto não foi controlar o processo, mas sim definir as etapas necessárias para a realização do mesmo e deixar sugestões. Se o projeto tivesse uma duração mais longa, ou tivesse começado mais tarde, poderia ser acompanhado todo o processo de reformulação da fábrica e das linhas de produção. O projeto está previsto terminar dois meses após o fim do projeto de dissertação. No entanto, apesar de não ser possível participar nessa fase do projeto, foram elaboradas folhas de cálculo que conseguirão controlar todo o processo e elaborarão os gráficos necessários para a sua análise.

Este projeto tem muita importância para a fábrica, por isso não deve ser deixado incompleto. Estas ferramentas de análise têm o objetivo de dar continuidade ao projeto, posteriormente e

durante toda a vida da fábrica. O caráter generalista dos métodos prevê que eles possam ser utilizados em diferentes máquinas. Por exemplo, o Pasteurizador não tem necessariamente que ter dois pisos. Pode ter mais ou menos. Só caso aja uma grande inovação tecnológica, do tipo de máquinas ou das quantidades produzidas, então aí os métodos deverão ser reformulados.

Referências

- Bestfield, Dale H. *Quality Control*. 3th ed. New Jersey: Prentice-Hall International Editions, 1990.
- Cabral, Sarsfield. *Apontamentos Da Disciplina De Controlo Da Qualidade Total*. 2011.
- César, F. I. G. *Ferramentas Básicas Da Qualidade: Instrumentos Para Gerenciamento De Processo E Melhoria Contínua*. São Paulo 2011.
- Davis, Mark M.; Aquilano, Nicholas J.; Chase, Richard B.: *Fundamentos Da Administração Da Produção*. 3rd ed. NY: McGraw-Hill, 1999.
- Deming, W. Edward. *Out of the Crises*. Cambridg, MA: MIT, 1989.
- Gama, Pedro. *Ferramentas Da Qualidade*. 1 ed. Lisboa: Instituto Português da Qualidade, 2001.
- Grant, Eugene Lodewick; Leavenworth, Richard S. *Statistical Quality Control*. 7th ed. 1999.
- Juran, J. M.; Godfrey, A. B. *Quality Control Handbook*. 3th ed. USA: McGraw-Hill, 1974.
- Juran, J. M.; Gryna, Frank *Quality Planning Analysis*. 5th ed. New York: McGraw Hill, 1999.
- Kunze, Wolfgang. *Technology Brewing and Malting*. 3rd ed. 2004.
- Lucinda, Marco Antônio. *Qualidade: Fundamentos E Práticas*. Brasil: Brasport Livros e Multimídia Lda, 2010.
- Mizuno, Shigeru. *Gerênciapara a Melhoria Da Qualidade: As Sete Novas Ferramentas De Control Da Qualidade*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1993.
- Montgomery, Douglas C. *Introdution to Statistical Quality Control*. 6th ed. Jefferson city: John Wiley & Sons, 2009.
- Murdoch, J. *Control Charts*. London: MacMillan, 1979.
- Oakland, John S. *Gerenciamento Da Qualidade Total*. Butterworth: Hienemann, 1989.
- . *Statistical Process Control*. 5th ed. Oxford: Buttherworth Heinemann, 2003.
- Unicer. *Manual De Cerveja À Pressão*. 2011.
- Vieira, J. C. *Controlo Estatístico Do Processo*. 1 ed. Lisboa: Instituto Português da Qualidade, 2001.

ANEXO A: Tabela de Valores para cálculo dos limites das cartas de controle para variáveis

Fatores para construção de cartas de controle para variáveis																
número de observações, <i>n</i>	Cartas de Médias					Cartas de Desvio Padrão					Cartas de Amplitude					
	Fatores para Limites de Controle		Fatores para Linha Central			Fatores para Limites de Controle		Fatores para Linha Central			Fatores para Limites de Controle			Fatores para Limites de Controle		
	<i>A</i>	<i>A</i> ₂	<i>A</i> ₃	<i>c</i> ₄	<i>1/c</i> ₄	<i>B</i> ₃	<i>B</i> ₄	<i>B</i> ₅	<i>B</i> ₆	<i>d</i> ₂	<i>1/d</i> ₂	<i>d</i> ₃	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₃	<i>D</i> ₄
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

$A = \frac{3}{\sqrt{n}}$ $A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}}$ $c_4 \approx \frac{4(n-1)}{4n-3}$

$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}$ $B_4 = 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}$

$B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$ $B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$

For *n* > 25.

ANEXO B: Tabela referente à letra código do tamanho da amostra

Sample-Size Code Letters (Table I of MIL-STD-105D)

LOT OR BATCH SIZE	SPECIAL INSPECTION LEVELS				GENERAL INSPECTION LEVELS		
	<i>S-1</i>	<i>S-2</i>	<i>S-3</i>	<i>S-4</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
2-8	A	A	A	A	A	A	B
9-15	A	A	A	A	A	B	C
16-25	A	A	B	B	B	C	D
26-50	A	B	B	C	C	D	E
51-90	B	B	C	C	C	E	F
91-150	B	B	C	D	D	F	G
151-280	B	C	D	E	E	G	H
281-500	B	C	D	E	F	H	J
501-1200	C	C	E	F	G	J	K
1201-3200	C	D	E	G	H	K	L
3201-10,000	C	D	F	G	J	L	M
10,001-35,000	C	D	F	H	K	M	N
35,001-150,000	D	E	G	J	L	N	P
150,001-500,000	D	E	G	J	M	P	Q
500,001 and over	D	E	H	K	N	Q	R

ANEXO C: Tabela relativa aos planos de amostragem simples de inspeção normal

Single Sampling Plans for Normal Inspection (Table II-A of MIL-STD-105D)

Sample size code letter	Sample size code letter	Acceptable Quality Levels (normal inspection)																							
		0.10	0.015	0.025	0.040	0.065	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000			
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re		
A	2	→																							
B	3	→																							
C	5	→																							
D	8	→																							
E	13	→																							
F	20	→																							
G	32	→																							
H	50	→																							
J	80	→																							
K	125	→																							
L	200	→																							
M	315	→																							
N	500	→																							
P	800	→																							
Q	1250	→																							
R	2000	→																							

Ac = Acceptance number.

Re = Rejection number.

Use first sampling plan below arrow. If sample size equals, or exceeds, lot or batch size, do 100 percent inspection.

ANEXO D: Tabela relativa aos planos de amostragem simples de inspeção rigorosa

Single Sampling Plans for Tightened Inspection (Table II-B of MIL-STD-105D)

Sample size code letter	Sample size	Acceptable Quality Levels (lightened inspection)																			Ac	Re
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000
A	2	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
B	3	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
C	5	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
D	8	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
E	13	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
F	20	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
G	32	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
H	50	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
J	80	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
K	125	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
L	200	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
M	315	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
N	500	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
P	800	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
Q	1250	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
R	2000	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
S	3150	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac

= Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspection.
 Ac = Acceptance number.
 Re = Rejection number.

ANEXO E: Tabela relativa aos planos de amostragem simples de inspeção reduzida

Sample size code letter		Acceptable Quality Levels (reduced inspection) [†]																Ac		Re			
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000	
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A	2	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
B	2	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
C	2	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
D	3	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
E	5	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
F	8	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
G	13	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
H	20	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
I	32	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
J	50	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
K	80	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
L	125	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
M	200	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
N	315	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
P	500	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Q	800	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
i:	800	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspection.

Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number.

Re = Rejection number.

† If the acceptance number has been exceeded, but the rejection number has not been reached, accept the lot, but reinstate normal inspection (see 10.1.4).

ANEXO F: Histogramas dos diâmetros das garrafas de SB 33cl e Carlsberg 33 cl

